PHYSIKALISCHES HANDWÖRTERBUCH: HILFSBUCH...

August Hugo Emsmann



L.

Labialpfeife oder Lippenpfeife oder Flötenwerk heisst jede Pfeife, bei welcher sich, wie bei den gewöhnlichen Kinderpfeifen, oder bei den Flöten etc., ein eingeblasener Luftstrom an einer scharfen Kante bricht und dadurch die eingeschlossene Luftsäule in schwingende Bewegung versetzt. Die in den Orgeln angebrachten Labialpfeifen heissen vorzugsweise Flötenwerke. Diese letzteren bestehen aus einer Röhre, welche wenigstens sechsmal so lang als breit ist; an dem einen (unteren) Ende ist ein Fuss mit dem Windloche, dem Kerne und dem unteren Labium, welchem an dem Aufschnitte das obere Labium an der Röhre selbst gegenübersteht. Da, wo Fuss und Rohr aneinanderstossen, ist eine Platte, welche den hohlen Fuss bis auf eine schmale, an der Seite liegende Spalte verschliesst. Bei dieser Spalte ist der Aufschnitt, d. h. eine Oeffnung von der Breite der Spalte; der an der Spalte liegende Theil des Fusses bildet das untere Labium, der derselben gegenüber liegende, zugeschärfte Theil des Rohres das obere Labium. Am Ende des Fusses mündet das Windloch, durch welches der Luftstrom eintritt. Unter der Platte liegt eine schiefe Ebene, der Kern, durch welche der Luftstrom die Richtung nach der Spalte erhält; in manchen Fällen geht der Kern bis zur Mündung des Windloches und bildet selbst das Windloch durch die Oeffnung, welche er noch lässt; in noch anderen Fällen, z. B. bei den Zinnpfeifen der Orgeln, ist blos die Platte vorhanden. Der Abstand der beiden Labien lässt sich bei manchen Pfeifen durch ein die Stelle des oberen Labiums vertretendes Blech vergrössern oder verringern.

Ist die Pfeife offen und hat das Rohr überall denselben Durchmesser, so kann man ihr je nach der Stärke des Anblasens verschiedene Töne entlocken. Schwingt hierbei die eingeschlossene Luftsäule in ihrer ganzen Ausdehnung, ohne sich in mehrere Theile zu theilen, so ist die Höhe des Tones oder die Anzahl der in einer Secunde gemachten Schwingungen der Länge der Pfeife umgekehrt proportional. Bei immer stärker werdendem Anblasen erhält man Töne, deren Schwingungsverhältnisse nach der natürlichen Zahlenreihe fortschreiten, d. h. harmonische Töne.

Ist die Röhre am oberen Ende geschlossen (gedackt), so giebt sie bei schwachem Anblasen ihren tiefsten Ton, bei stärkerem Anblasen schreiten die Töne aber nach der ungeraden Reihe der Zahlen in ihren Schwingungsverhältnissen fort. Den möglichst tiefsten Ton giebt eine 32füssige offene oder 16füssige gedackte Pfeife. — Von der Gestalt der Pfeife, ob sie viereckig oder rund, gerade oder krumm ist u. dergl. ist im Allgemeinen die Tonhöhe unabhängig. Die Weite der Pfeife hat insofern einen Einfluss auf den Ton, als derselbe durch Vergrösserung des Umfanges tiefer und durch Verkleinerung höher wird, man kennt aber das Verhältniss noch nicht. Vermindert man die dem Windloche parallel laufenden Dimensionen und zugleich die Spalte, so nimmt der Ton an Intensität ab, aber die Höhe erleidet keine Veränderung. In wärmerer Luft wird der Ton etwas höher; die Dichte der Luft hat aber keinen Einfluss. — Hat die Pfeife Seitenöffnungen wie die Flöte, so hat man die erste nicht geschlossene Oeffnung, von dem Mundloche (Spalte) an gerechnet, als das offene Ende der Pfeife anzusehen und die Länge von dem Mundloche bis zu dieser Oeffnung zu rechnen. Noch Weiteres enthält der Art. Ton.

Labil nennt man die Stellung eines Körpers, wenn derselbe, aus seiner Ruhelage auch nur wenig gebracht, in dieselbe nicht zurückgeht, sondern die stabile zu gewinnen sucht. Stabil nennt man nämlich die Stellung eines Körpers, bei welcher er seine Ruhelage wieder annimmt, selbst wenn er bedeutend aus dieser gebracht worden ist.

Labium, die Lippe einer Labialpfeife (s. d. Art.).

Labyrinth, ein mit vielen Gängen versehener Raum. Wegen des Labyrinthes im Ohre vergl. Art. Ohr.

Lachter heisst das beim Bergbau gebräuchliche Längenmass, welches in Preussen zu 80 preuss. Zoll gerechnet wird.

Lactometer } schlechte Bezeichnung statt Galaktometer oder Milch-
Lactoskop } waage. S. Art. Aräometer hinter B. 7. S. 41.

Laden kommt in der Physik bei den electrischen Flaschen und Batterien u. dergl. vor und bezeichnet in diesen Fällen das Anfüllen mit dem electrischen Fluidum.

Ladung (s. Art. Laden) bezeichnet das stärkere oder schwächere Angefülltsein mit dem electrischen Fluidum.

Ladungselectrometer nennt man diejenigen Electrometer, durch welche man die Stärke der Ladung einer electrischen Flasche oder Batterie bestimmt. Es gehört hierzu namentlich die Lane'sche Flasche (s. Art. Flasche, Lane'sche). Ein Ladungselectrometer von Adams, eigentlich von Brook, giebt die bei der Entladung auftretende Stärke der abstossenden Kraft auf einem Zifferblatte in Graden und in Gewichten an. Es kommt dabei auf die Divergenz zweier Kugeln an, welche sich bei der Entladung gegenseitig abstossen und dadurch auf das Zeigerwerk wirken.

Ladungsflasche hat man hier und da die electrische Flasche genannt. S. Art. Flasche, electrische.

Ladungssäule oder secundäre Säule heisst eine blos aus einem Metalle und einem feuchten Leiter aufgeschichtete galvanische Säule. Es giebt eine solche Säule gar keinen Strom, wenn man ihre Enden durch einen Leitungsdraht verbindet; lässt man aber den Strom einer galvanischen Säule hindurchgehen, so giebt sie nach Entfernung derselben ebenfalls einen kräftigen Strom, der indessen schnell abnimmt und bald verschwindet. Der Grund liegt in einer eigenthümlichen Veränderung, welche die Oberflächen der Metallplatten erleiden. Jede feuchte Schicht in der Ladungssäule ist gewissermassen eine Wasserzersetzungszelle und an der einen Metallfläche wird Wasserstoff, an der anderen derselben Platte Sauerstoff ausgeschieden, so dass die eine Seite mit einer Wasserstoffschicht, die andere mit einer Sauerstoffschicht überzogen wird. Diese beiden Gasschichten wirken wie ein electromotorisches Paar und zwar verhält sich Wasserstoff positiv und Sauerstoff negativ electrisch. Die Form eines Trogapparates ist zweckmässiger als die einer Säule.

Ladungsstrom heisst der in einer Ladungssäule (s. d. Art.) erregte Strom.

Lämmer / **Lämmergewölk** } ist die federige Haufenwolke oder der Cirrocumulus. Vergl. Art. Haufenwolke.

Länge, geographische, s. Art. Meridian.

Länge, reducirte, s. Art. Ohm'sches Gesetz.

Längenmass, die Masseinheit beim Messen von Strecken. Im Allgemeinen lag den im Alterthume gebräuchlichen Massstäben die Länge des menschlichen Fusses zu Grunde. Kleinere Dimensionen mass man mit der Handbreite, mit der Spanne der Hand, mit der Länge des Armes, mit ausgespannten Armen, mit dem Fusse; grössere nach Schritten. An Uebereinstimmung des Massstabes war höchstens in den einzelnen Gemeinwesen zu denken. Erst als sich der internationale Verkehr immermehr anbahnte, wurde das Bedürfniss nach einer gemeinschaftlichen Masseinheit dringend empfunden und sogar der Wunsch ausgesprochen, dieselbe so zu wählen, dass sie in derselben Grösse stets wieder ermittelt werden könnte, falls dieselbe verloren gehen sollte. Man wollte eine solche Masseinheit zunächst für die Längenmessungen haben. Flächenmasse und Körpermasse stützten sich dann auf dieselbe Einheit; aber auch das Gewichtsmass, die Gewichte, sollten mit ihr in Abhängigkeit treten. Wie das Letztere ausgeführt ist, das ist im Art. Gewichte nachzusehen; vergl. überdies Art. Flächenmass und Körpermass.

Als unveränderliches Längenmass schlug 1664 der holländische Naturforscher Huyghens die Länge des einfachen Secundenpendels vor. Damals wusste man noch nicht, dass die Erde abgeplattet sei,

sondern hielt sie für eine vollkommene Kugel. Aber selbst wenn dies der Fall wäre, so würde durch die in verschiedenen Breiten verschiedene Schwungkraft in Folge der Axendrehung der Erde diese Pendellänge in verschiedenen Breiten verschieden ausfallen. Sollte der Gedanke von Huyghens realisirbar sein, so müsste festgesetzt werden, dass die Länge des einfachen Secundenpendels unter einer bestimmten Breite und im Niveau des Meeres, etwa im 45° der Breite oder unter dem Aequator, als Längenmasseinheit gelten solle. — Ein anderer Vorschlag wurde zuerst von dem Astronomen Gabriel Mouton zu Lyon, einem Zeitgenossen von Huyghens, ausgesprochen. Der Gedanke ist der, dass die Erdbewohner den Massstab für räumliche Verhältnisse von der Erde selbst entnehmen müssten, ebenso die Jupitersbewohner von dem Jupiter, die Mondbewohner von dem Monde etc. Mouton schlug namentlich vor, die Länge eines Meridianbogens von einer Minute als Längeneinheit anzunehmen und diese Meile zu nennen, so dass ein Meridiangrad 60 Meilen betragen würde. Diesem Vorschlage kann man ebenfalls mit der Abplattung der Erde als Einwand entgegenkommen. Man wusste aber damals noch nichts von der Abplattung.

Beide Vorschläge waren verfrüht. Erst 100 Jahre später kam ein günstigerer Zeitpunkt mit der grossen französischen Revolution. Mehrere Städte Frankreichs petitionirten 1789 um Abschaffung der verschiedenen Masse. Die Petition kam 1790 vor die constituirende Versammlung. Hier beschloss man, den König zu bitten, dass er den König von England auffordern möge, Commissarien zu ernennen, die in Gemeinschaft mit französischen Commissarien die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem 45.° n. Br. oder an einem anderen gelegenen Orte bestimmen sollten, um sie einem unveränderlichen Masssysteme zu Grunde zu legen. Auf ein Gutachten der pariser Academie wurde der Vorschlag, betreffend die Länge des einfachen Secundenpendels, verworfen; dagegen der Vorschlag angenommen, von einem Quadranten des Aequators oder des Meridians das Normalmass zu entnehmen. Man solle einen Meridianbogen von Dünkirchen bis Barcelona messen, daraus die Länge des Meridianquadranten berechnen und den zehnmillionsten Theil davon unter dem Namen Meter als Einheit annehmen. Auf die so erhaltene Normallänge lasse sich dann leicht eine Basis für Hohlmasse und Gewichte gründen. — Am 30. März 1791 wurde dieser Vorschlag von der Nationalversammlung angenommen. Mechain und Delambre begannen 1792 die Gradmessung. Die Arbeit erforderte mehrere Jahre und noch mehr Kräfte. Daher wurde durch ein Decret vom 1. August 1793 und 18. Germinal des Jahres III die Normallänge des Meters vorläufig auf 443,443 par. Linien festgesetzt, wobei die *Toise du Pérou* (s. d. Art. und Art. Abplattung) zu Grunde lag. — Das Endresultat der ausgeführten Messungen war nach van Swinden's Rechnung die wahre Länge des Meters zu 443,2959942 bis

443,296 par. Linien und nach der von Delambre 443,3279942 bis 443,328 par. Linien. Durch Decret vom 19. Frimaire des Jahres VIII wurde hierauf festgesetzt, dass das Meter die Länge einer Metallstange haben solle, welche selbst bei 0° C. Temperatur auf der normal bestimmten Toise von Peru bei 16,25° C. der letzteren 443,296 par. Linien misst. $^1/_{10}$ Meter bekam den Namen Decimeter, $^1/_{100}$ Meter Centimeter, $^1/_{1000}$ Meter Millimeter, aufwärts 10 Meter Dekameter, 100 Meter Hektometer, 1000 Meter Kilometer, 10000 Meter Myriameter. Ein von Lenoir verfertigtes Meter von Platin (*etalon primitif*) und zwei stählerne, an den Enden mit Messing versehene waren am 4. Messidore des Jahres VII (22. Juni 1799) bereits dem gesetzgebenden Körper für das Archiv der Republik übergeben worden. Für den gewöhnlichen Gebrauch wurde ein dem *etalon primitif* ganz gleiches Meter von Platin auf der Sternwarte niedergelegt. Vergl. Art. Meter.

Ein Naturmass ist hierdurch freilich nicht gewonnen worden, welches sich in derselben Grösse wieder anfertigen liesse, falls alle Normalmasse verloren gehen sollten. Andere Messungen von Meridianbogen geben andere Längen des Meters, wenn man festhält, dass die Entfernung vom Aequator bis zum Pole in der Richtung des Meridians 10 Millionen Meter betragen soll, oder eine andere Entfernung des Aequators von dem Pole, wenn man die Länge des Meters zu 443,296 par. Linien zu Grunde legt. Vergl. Art. Gradmessung. Das Meter hat demnach als sogenanntes Naturmass keinen Vorzug vor anderen Masseinheiten. Nach Bessel kommt es bei Annahme einer Masseinheit nur auf folgende drei Forderungen an. Das Mass muss erstens völlig unzweideutig gemacht werden, so dass jede darauf bezogene Messung keine aus einer Unbestimmtheit des Masses, sondern nur die aus ihrer eigenen Unvollkommenheit hervorgehende Unsicherheit erhalte. Zweitens muss durch jedes, Erfolg verheissende Mittel Sorge getragen werden, dass das festgesetzte Mass erhalten bleibt. Drittens müssen zugleich mit der Festsetzung des Masses Mittel ergriffen werden, welche zur Erlangung möglichst vollkommener Copien des Normalmasses mit der grössten Leichtigkeit führen.

Die gewaltsame Einführung des metrischen Systems in Frankreich hat nicht vermocht, mehrere der früher gebräuchlichen Benennungen im gewöhnlichen Verkehre zu verdrängen: *lieue* statt Myriameter, *perche* statt Dekameter, *palme* statt Decimeter, *doigt* statt Centimeter. Durch Decret vom 12. Februar 1812 ist der Gebrauch einer neuen Toise von 2 Meter Länge und eingetheilt in 6 Fuss gestattet. Ein solcher Fuss ist = $333^1/_3$ Millimeter oder 147,765 alte par. Linien. 1 Meter ist 3,078444 par. Fuss = 3 Fuss 2 Zoll 2,817 preuss. Linien. Die französische Elle ist = 12 Decimeter.

In England ist die Längeneinheit das Yard, dem die angelsächsische Elle zu Grunde liegt, in Betreff welcher Heinrich I. 1101 befahl. dass sie die Länge seines Armes bis zur Spitze des Mittelfingers halten sollte. Das 1824 zum Urmasse erklärte, 1760 von Bird verfertigte und mit der Aufschrift „*Standard Yard* 1760" versehene Mass ging 1834 beim Brande der Parlamentsgebäude verloren. Die gesetzliche Länge des Yard war so bestimmt, dass das einfache Secundenpendel in der Breite von London auf den Meeresspiegel und den luftleeren Raum reducirt bei 62° F. 39,1393 engl. Zoll oder nach Kater's Beobachtungen 39,13929 engl. Zoll beträgt. Man rechnet 1 engl. Fuss = 0,30479449 Meter; 1 Yard = 3 engl. Fuss; 1 engl. Meile = 1760 Yards.

In Preussen liegt der rheinländische oder kölnische Fuss dem Längenmasse zu Grunde. Durch Gesetz vom 16. Mai 1816 soll der preuss. Fuss 139.13 par. Linien lang sein. Das preussische Urmass ist nach Bessel's Angabe von Baumann ausgeführt und führt die Aufschrift: „Urmass der preussischen Längeneinheit 1837. Dieser Stab, in der Wärme von 16,25° des hunderttheiligen Thermometers, in seiner Axe gemessen, ist 0,00063 Linien kürzer als drei Fuss" und wurde durch Gesetz vom 10. März 1839 ausschliesslich zur Grundlage der preussischen Längenmasse erklärt. Der Stab ist von Gussstahl, hat $^3/_4$ Zoll Seite im Quadrat; die Endflächen sind durch abgekürzte, in Gold gebettete Kegel von Sapphir armirt.

In dem österreichischen Ländercomplexe sind sehr verschiedene Längenmasse. Der Wiener Fuss ist 1803 zu 0,3161109 Meter bestimmt. Als Normalmass gilt durch Decret vom 20. April 1816 eine Wiener Klafter von 6 Fuss, angefertigt von Voigtländer.

In Baden und Nassau, ebenso in der Schweiz ist der Landesfuss = $^3/_{10}$ Meter, eingetheilt in 10 Zoll zu 10 Linien; im Grossherzogthum Hessen ist der Landesfuss = $^1/_4$ Meter und ebenfalls zehntheilig. Anhalt stimmt mit Preussen.

In den Niederlanden hat man das Metermass als Elle angenommen. Kilometer heisst Mijl. Decameter Röde, Meter Elle, Decimeter Palm, Centimeter Duim, Millimeter Streep.

In Russland ist der englische Fuss die Längenmasseinheit; in Dänemark der rheinländische Fuss, aber nur 139,09 par. Linien lang. Das schwedische Längenmass ist auf die Länge des Secundenpendels der Stockholmer Sternwarte reducirt. 1 Meter = 33,681256 schwedische Decimalzolle.

Eine Zusammenstellung mehrerer Fussmasse giebt Art. Fuss.

Längenschwingung, s. Art. Longitudinalschwingung.

Längenuhr oder Seeuhr nennt man das zur Ermittelung der geographischen Länge bestimmte Chronometer (s. d. Art.).

Läufer heisst das verschiebbare Gewicht an den Schnellwaagen (s. d. Art.).

Laktometer, s. Art. Lactometer.

Lampe ist das zunächst in der Küchenlampe repräsentirte künstliche Beleuchtungsmittel, welches wahrscheinlich in Aegypten erfunden worden ist. Die Vervollkommnung datirt erst vom Ende des 18. Jahrhunderts, als Lavoisier die Rolle der atmosphärischen Luft beim Verbrennen erkannte. Der Schwede Altströmer lieferte 1782 zuerst dünne bandförmige Dochte; 1785 trat der Genfer Ami Argand mit den runden und hohlen Dochten und Glascylindern auf. Den Lichtschirm von Flor oder aus gefirnisstem Eisenblech führte L'Ange ein; auch schlug derselbe gefärbte Cylinder vor, worauf die Gebrüder Girard mit mattgeschliffenen Kugeln kamen. Der Nachfolger Argand's Bonlier construirte 1809 die Astrallampe mit dem ringförmigen Oelbehälter. Den von diesen Lampen erzeugten Schatten suchte Philipps durch die Sinumbralampe zu beseitigen. — Um einen gleichmässigen Zufluss des Oeles und dadurch einen möglichst gleichförmigen Oelstand an der Flamme hervorzubringen, hat man die Sturz- oder Flaschenlampe, die als Schiebelampe viel Verbreitung gefunden, construirt (s. Art. Flaschenlampe). Denselben Zweck suchte Girard durch die aerostatische Lampe zu erreichen, die nach dem Principe des Heronsbrunnen (s. d. Art.) wirkte. Die ungeschickte Form und die unbequeme Füllungsweise haben diese Lampen nicht recht aufkommen lassen. In den hydrostatischen Lampen hat namentlich Thilorier 1825 die Aufgabe zu lösen gesucht. Es kommt hierbei das Gesetz der communicirenden Gefässe (s. d. Art.), wenn diese mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt sind, zur Anwendung. Die schwerere Flüssigkeit war eine Auflösung von Zinkvitriol in einer dem Gewichte nach gleichen Menge Wasser. Ein Uebelstand ist, dass die einmal angezündete Lampe auf ihrem Platze stehen bleiben muss und brennend nicht herumgetragen werden darf. Am meisten haben sich die mechanischen Lampen empfohlen, bei denen das Oel durch mechanische Vorrichtungen zur Flamme getrieben wird. Carcel construirte 1800 eine solche Lampe, in welcher durch ein Uhrwerk das Oel emporgepumpt wurde, so dass das Oel immer überfliesst und in den Oelbehälter zurückläuft. Der Docht wird deshalb höher herausgeschraubt, als bei anderen Lampen. Die Regulateur- oder Moderateurlampen beruhen auf demselben Principe, aber das Oel wird durch einen Kolben emporgedrückt, welcher dem Drucke einer Spiralfeder ausgesetzt ist. Ihren Namen haben diese Lampen davon, dass in der Zuführungsröhre ein Stift sich befindet, welcher das Zuströmen des Oeles regulirt, indem er anfangs bei starker Spannung der Feder die Röhre verengt, später aber einen weiteren Durchgang lässt.



Von anderen Abänderungen sei die Liverpoollampe erwähnt, bei welcher in der Axe des hohlen Dochtes ein Draht angebracht ist, der einige Linien über den oberen Rand hervorragt und an seinem Ende eine kleine runde Metallplatte trägt, durch welche der innere Luftstrom gebrochen wird, so dass die Flamme mehr kugelig brennt. — Bei der Frankenstein'schen Solar-Lampe war in dem hohlen Dochte noch ein zweiter von Spitzengrund. — Bei der Benkler'schen Lampe (von Benkler und Ruhl in Wiesbaden) spielte ein eigenthümlicher eingeschnürter Cylinder die Hauptrolle, wodurch die Flamme verengt und verlängert wurde.

In neuerer Zeit ist man durch andere Brennstoffe als das Oel zu einfacheren Einrichtungen zurückgekehrt, die namentlich dadurch möglich wurden, dass diese Stoffe sich leicht verflüchtigen, z. B. die Petroleumlampe. Einige besondere Lampen enthalten die folgenden Artikel. — Die durch eine Flamme erzeugte Lichtquantität steht im Verhältniss mit der Quantität und der Temperatur der in der Flamme schwebenden Kohlenstofftheilchen.

Lampe, die dochtlose, besteht aus einem Metallschälchen, in dessen Mitte ein beiderseits offenes, enges und dünnwandiges Glasröhrchen eingesetzt ist, so dass, wenn das Schälchen auf Oel schwimmt, das obere Röhrenende ungefähr in einem Niveau mit dem Oele liegt und das untere nur eben in das Oel eintaucht. Es steigt das Oel bis an das obere Ende, wo es mittelst eines zusammengedrehten Fidibus angezündet werden kann. Diese von Blackadeler in Edinburg angegebene Lampe eignet sich zur Nachtlampe. Es sei nur bemerkt, dass die Haarröhrchenwirkung (s. d. Art.) hier nicht wohl in Betracht kommt.

Lampe, aphlogistische, s. Art. Aphlogistische Lampe.

Lampe, die electrische, ist das sonst sogenannte electrische Feuerzeug. S. Art. Feuerzeug.

Lampe, die flammenlose, s. Art. Aphlogistische Lampe.

Lampengebläse ist die zur Hervorbringung einer Stichflamme eingerichtete Dampfkugel (s. d. Art.).

Lampenmikrometer, s. Art. Mikrometer am Ende.

Lampenmikroskop von Adams 1771 ist dem Sonnenmikroskope ähnlich, nur dass die Beleuchtung durch eine Lampe bewirkt wird, deren Flamme im Brennpunkte einer Convexlinse steht, von welcher das Licht auf einen Hohlspiegel und von da auf das Object trifft. S. Art. Sonnenmikroskop.

Lampenofen nennt man Spirituslampen mit hohlem Dochte entweder mit drei Füssen, welche die Lampe selbst und auch in passendem Abstande die zu erhitzenden Gefässe tragen, oder mit einem besonderen Gestelle, an welchem die Lampe und Ringe und dergl. zur Aufnahme der

Gefässe durch Schrauben festgestellt werden. Man nennt solche Lampenöfen auch Berzelius'sche Lampen. In neuerer Zeit hat Bunsen einen Brenner oder einen Ofen für Leuchtgas statt des Spiritus construirt. Das Gas strömt durch einen Schlauch aus einer runden Oeffnung von 1 bis 1½ Millimeter Weite in eine 60 bis 90 Millimeter lange und 8 bis 10 Millimeter weite Röhre, welche bei der Ausflussöffnung mehrere Löcher für den Zutritt der atmosphärischen Luft hat. Das Gas brennt dann erst an der oberen Oeffnung der Röhre mit Geräusch.

Lamprotometer ist der Name von einem Photometer (s. d. Art.), bei welchem nebeneinander auf einem Brette 25 gleiche Gläschen von hellem Glase und 6 Linien Durchmesser stehen, von denen das erste mit reiner Lackmustinctur und die folgenden mit 1, 2 ... 24 Theilen Wasser gemischter Tinctur gefüllt sind. Es kommt nun darauf an, das Gläschen zu ermitteln, durch welches man einen dahinter stehenden blanken Platindraht nicht mehr wahrnehmen kann. Das Instrument ist unzweckmässig.

Landhose heisst eine Wettersäule, die sich über Land fortbewegt. Vergl. Art. Wasserhose.

Landrauch, s. Art. Haarrauch.

Landregen nennt man einen sich durch seine lange Dauer auszeichnenden und sich über grössere Gebiete erstreckenden Regen.

Landtrombe oder Landhose (s. d. Art.).

Landwasserhose heisst eine mit Wasser gefüllte Landhose. Den Gegensatz bildet die Erdtrombe.

Landwind ist der an den Küsten von dem Lande nach dem Meere hin wehende Wind. Den Gegensatz bildet der Seewind. Vergl. Art. Küstenwind.

Lane'sche Flasche, s. Art. Flasche, Lane'sche.

Lapilli oder Rapilli nennt man in Italien die Körper, welche aus den Vulkanen emporgeschleudert werden und theils Bruchstücke der Kraterwände, theis losgerissene Lavamassen sind.

Last bezeichnet ein Gewicht von 40 Centnern. — Ausserdem nennt man in der Mechanik die Kraft, welche von einer anderen gewältigt werden soll, auch Last und die andere vorzugsweise die Kraft. S. z. B. Art. Hebel.

Latent oder gebunden, s. Art. Gebundene Wärme.

Laterne, magische *(laterna magica)*, ist die bekannte Zauberlaterne (s. d. Art.).

Latomien heissen die höhlenartigen Steinbrüche in der Nähe von Syracus.

Laufer, s. Art. Läufer.

Laufrad heisst ein Rad an der Welle, wenn statt des Rades eine hohle Trommel auf der Welle sitzt, auf deren innerem Umfange Menschen

oder Thiere durch ihr Gewicht eine Umdrehung bewirken. S. Art. Rad an der Welle.

Laugenprobe } **Laugenwaage** } ist ein Aräometer (s. d. Art.) zur Bestimmung des Kaligehaltes in einer Lauge. Das Instrument arbeitet ungenau, weil die Scala durch Lösung reinen Kalihydrats in destillirtem Wasser bestimmt wird, in einer rohen Lauge aber noch andere Salze, Thonerde, Kalkerde etc. aufgelöst sind. Man nennt diese Senkspindel auch Alkalimeter.

Lauwine, s. Art. Lawine.

Lava heisst die in einem Vulcane (s. d. Art.) geschmolzene Masse.

Lawine nennt man eine grössere Schneemasse, welche über Gebirgsabhänge oder steile Felswände herabstürzt und sich in der Tiefe ablagert. Gleitet die Schneemasse vom Abhange herab, so liegt eine Grundlawine vor; fällt die Masse aber mehr frei und während des Fallens theilweis zerstäubend, so eine Staublawine. Jene entstehen meist im Frühjahre, diese gewöhnlich nach reichlichen Schneefällen. Daher nennt man die Staublawinen wohl auch Winterlawinen und die Grundlawinen Frühlingslawinen, diese kommen jedoch auf sehr hohen Bergen, z. B. am Montblanc auch mitten im Sommer vor. Staublawinen führen nie Steine mit sich, wohl aber die Grundlawinen. Ausserdem unterscheidet man in der Schweiz noch Gletscherlawinen, wenn ein Theil eines fortgeschobenen Gletschers abbricht und herabfällt, und Surggilawinen (von Surggen, d. h. langsam herabgleiten), wenn eine Eismasse sich langsam fortschiebt, bis ihr unterer Theil die Unterstützung verliert und herabstürzt. Die beiden ersten Arten erregen bei ihrem Herabfallen einen orkanähnlichen Luftstrom.

Leakie ist eine eigenthümliche Fluthercheinung in dem Flusse Forth in Schottland. Die Fluth wird einige Zeit durch ein Sinken des Wassers und die Ebbe ebenso durch ein Steigen desselben unterbrochen und nachher geht in jenem Falle die Fluth und in diesem die Ebbe weiter fort. Die Erscheinung hängt mit einer grossen Krümmung zusammen, welche der Fluss an der betreffenden Stelle macht.

Lebendige Kraft, s. Art. Kraft, lebendige.

Lebenskraft } **Lebensprincip** } heisst das räthselhafte Wesen des Lebens, durch welches sich die organischen Körper von den unorganischen unterscheiden. Charakteristisch ist, dass jedes lebende Wesen seinen Ursprung einem gleichartigen Wesen zu danken hat. Es ist daher das Leben ein Thätigkeitsprincip, welches dem organischen Körper auf dem Wege der Zeugung eingeimpft wird.

Lederhaut heisst die aus eng verflochtenen Fasern und Faserbündeln bestehende Haut, welche die Oberfläche des menschlichen Leibes bildet, und in welcher namentlich der allgemeine Tastsinn seinen Sitz hat.

Leere, Torricelli'sche, *(vacuum Torricellianum)* heisst der luftleere Raum über dem Quecksilber in dem Barometer (s. d. Art. und zwar Quecksilberbarometer). Ein absolut leerer Raum ist dieser Raum keineswegs, da er Quecksilberdämpfe enthält.

Legirung nennt man eine Verbindung eines Metalles mit einem oder mehreren anderen, wobei es gleichgültig ist, ob die Mischung in bestimmten Verhältnissen geschieht oder nicht. Die Verbindungen des Quecksilbers mit den übrigen Metallen nennt man Amalgame. Messing ist eine Legirung aus Kupfer und Zink, Neusilber aus Kupfer, Zink und Nickel. In physikalischer Beziehung ist zu bemerken, dass beim Erkalten der Legirungen die Abnahme der Temperatur nicht regelmässig erfolgt, namentlich tritt bei Legirungen aus zwei Metallen einmal ein Stillstand des Thermometers ein und bei Legirungen aus drei Metallen ist dies sogar zweimal der Fall, wohl weil das eine Metall früher erstarrt als das andere. Die Farbe ist nicht immer das mittlere Resultat aus der Farbe der Bestandtheile. Die Härte ist meistens grösser als die der einzelnen Metalle. Der Schmelzpunkt ist niedriger, als man nach den Schmelzpunkten der einzelnen Gemengtheile erwarten sollte, oft liegt er sogar niedriger als der niedrigste der Gemengtheile. Das specifische Gewicht ist gewöhnlich grösser, als das Mittel aus den spec. Gewichten der Bestandtheile. Oft wird beim Zusammenschmelzen eine bedeutende Menge Wärme frei. Das Leitungsvermögen für Electricität und Wärme ist geringer als das der einzelnen Metalle.

Lehmregen ist ein Regen, mit welchem ein lehmiger Niederschlag verbunden ist, der von lehmigem Staube herrührt, welcher in die Luft emporgehoben war. S. Art. Staubregen.

Leichtflüssig nennt man einen Körper, wenn sein Schmelzpunkt unter der Hitze des bei Tage rothglühenden Eisens liegt, im Gegensatze zu den strengflüssigen Körpern, welche einen höheren Schmelzpunkt haben. S. Art. Schmelzen.

Leidenfrost'sches Phänomen oder Leidenfrost'scher Versuch. Bringt man in einen kalten (silbernen) Löffel etwas Wasser, so wird derselbe benetzt und bei Erwärmung geräth das Wasser bald ins Sieden, verdunstet schnell und zeigt überhaupt die beim Kochen gewöhnlichen Erscheinungen; tröpfelt man hingegen eine kleine Menge Wasser in einen glühenden Löffel, so zerfliesst dasselbe nicht, sondern nimmt Kugelgestalt an, geräth gewöhnlich in heftige drehende Bewegung, nimmt, im Fall man den Löffel glühend erhält — langsam verdunstend, jedoch immer die Kugelgestalt beibehaltend — bis auf unscheinbare Grösse ab und verschwindet zuletzt mit einem kleinen Knalle; verliert aber die Kugelgestalt und verwandelt sich mit Lebhaftigkeit in Dämpfe, sobald der nicht mehr der Einwirkung des Feuers ausgesetzte Löffel durch allmälige Abkühlung eine hinlängliche Temperaturerniedrigung erlitten hat.

Leidenfrost, Arzt und Professor in Duisburg, behandelte 1756 diese Erscheinung zuerst ausführlich. Das Phänomen gelingt auf den verschiedensten Stoffen, festen und flüssigen, sogar auf Glas, ohne dass dies zerspringt — wie ich zuerst in der Kugel einer Thermometerröhre gezeigt habe —, und ebenso mit sehr verschiedenen Flüssigkeiten; auch lässt sich der Versuch umkehren. Selbst in einem durchlöcherten Löffel bleibt das Wasser mit Kugelgestalt liegen. Der Tropfen erscheint oft — wie ich aus einer optischen Täuschung in Folge der Dauer des Eindrucks erklärt habe — mit einer geraden Anzahl von Zacken, rotirend, auch hüpfend. — Zwischen dem Tropfen und dem Körper, auf welchem er sich bildet, ist keine unmittelbare Berührung. — Die Verdunstung des Tropfens erfolgt, ungeachtet der hohen Temperatur des Gefässes, auffallend langsam. — Die Temperatur eines Wassertropfens bei dem Leidenfrost'schen Phänomen erreicht höchstens die Siedehitze und schwankt zwischen 70 und 100° C., je nachdem man die Temperatur gleich nach Beginn der Erscheinung oder vor ihrem Aufhören bestimmt. Spiritus zeigt bei dem Versuche 69 bis 78° C. — Stellt man den Versuch mit schwefeliger Säure an und giesst den Tropfen in die Hand, so empfindet man Kälte; bringt man Wasser in diesen Tropfen, so gefriert dies, so dass man aus dem glühenden Tiegel ein Stückchen Eis herausnehmen kann. — Die Temperatur des tropfenbildenden Körpers, wenn das Phänomen eintreten soll, kann um so niedriger sein, je höher die des anderen ist.

Die Erklärung ist wohl darin zu finden, dass sich zwischen dem Tropfen und seiner Unterlage eine Dampfschicht bildet, welche die Berührung aufhebt und den Uebergang der Wärme in den Tropfen erschwert. Einen besonderen vierten Aggregatzustand anzunehmen, wie Boutigny thut und den er den sphäroidalen nennt, ist überflüssig, zumal damit nichts erklärt, sondern nur eine neue Bezeichnung für das Phänomen eingeführt wird. Von einigen Seiten wird das Phänomen als durch eine Abstossung bedingt angesehen, welche die Wärme auf messbare Entfernung ausüben soll. Noch Andere suchen den Grund in dem gegenseitigen Verhältniss zwischen Adhäsion und Cohäsion, von welchen beiden die erstere durch die Hitze so geschwächt werde, dass letztere überwiege.

Leidner Flasche, s. Art. Flasche, electrische.

Leinölthermometer benutzte Newton 1701 bei einer Reihe von Versuchen. Die Zahlen der Scala sollten dem Volumen entsprechen. Leinöl ist ein zu Thermometern nur wenig geeigneter Stoff. S. Art. Thermometer.

Leinwandmesser, s. Art. Loupe am Ende.

Leiter der Electricität nennt man diejenigen Körper, welche die ihnen mitgetheilte oder sonst in ihnen hervorgerufene Electricität auf ihrer ganzen Oberfläche sofort verbreiten; den Gegensatz bilden die

schlechten Leiter und Nichtleiter, welche die Electricität mit einer gewissen Schwierigkeit annehmen und dieselbe ebenso schwierig auf ihrer Oberfläche fortpflanzen. Diejenigen Körper, welche besonders schlechte Leiter sind, bezeichnet man vorzugsweise als Nichtleiter oder Isolatoren. Der Unterschied ist im Grunde nur ein relativer und es giebt weder vollkommene Leiter, noch vollkommene Nichtleiter, sondern jeder Körper hat ein mehr oder minder vollkommenes Leitungsvermögen oder setzt umgekehrt der Fortpflanzung der Electricität auf seiner Oberfläche einen geringeren oder stärkeren Leitungswiderstand entgegen.

Um zu prüfen, ob ein Körper ein Leiter der Electricität sei oder nicht, braucht man denselben nur in die Hand zu nehmen und dem geladenen Conductor der Electrisirmaschine zu nähern. Springt bei der Annäherung ein Funke über und ergiebt sich nach eingetretener Berührung der Conductor unelectrisch, so war der Körper ein guter Leiter. Schon Versuche mit electrisirten Korkkugeln, die an einem Seidenfaden hängen (s. Art. Electricität), ebenso mit Electroskopen (s. d. Art.) reichen zu der Untersuchung aus.

Unter den festen Körpern sind die besten Leiter die Metalle, wiewohl auch bei ihnen das Leitungsvermögen verschieden ist. Um Letzteres festzustellen, sind zahlreiche Versuche in sehr verschiedener Weise angestellt worden. Davy fand zuerst, dass das Leitungsvermögen der Metalldrähte unter sonst gleichen Umständen im umgekehrten Verhältnisse mit ihrer Länge und bei gleicher Länge im geraden Verhältnisse mit ihrer Masse steht, ferner, dass dasselbe bei wachsender Temperatur abnimmt, wiewohl nicht mit der Temperaturzunahme in gleichem Verhältnisse.

Leitungsvermögen der Metalle

nach Riess

Silber	148.74
Kupfer	100,00
Gold	88.87
Kadmium	38,35
Messing	27,70
Palladium	18,18
Eisen	17,66
Platin	15,52
Zinn	14,70
Nickel	13,15
Blei	10,32
Neusilber	8,86

nach Becquerel sen.

Kupfer	100,00
Gold	93,60
Silber	73,60
Zink	28,50
Platin	16,40
Eisen	15,80
Zinn	15,50
Blei	8,30
Quecksilber	3,45
Kalium	1,33

nach Pouillet

Quecksilber, destillirt	100
Eisen	600—700
Gussstahl	500—800
Messing	200—900
Platin	855
Kupfer, ausgeglüht	3842
,, rein	3838
Gold, 0,751 fein	714
,, 0,951 ,,	1338

Gold rein	3975	Gold	79,79
Silber 0,747 fein	3882	Messing	29,33
„ 0,857 „	4221	Eisen	17,74
„ 0,900 „	4753	Platin	14,16
„ 0,963 „	5152	Zinn	30,84
Palladium	5791	Blei	14,62
nach Lenz		bei 15° R.	
bei 0° R.		Antimon	8,87
Silber	136,25	Quecksilber	4,66
Kupfer	100,00	Wismuth	2,58

Wie das Leitungsvermögen mit steigender Wärme abnimmt, ersieht man aus folgenden Ergebnissen:

Kupfer	bei 0° R.	100,00;	bei 100° R.	73,00;	bei 200° R.	54,82.
Messing	—	29,33;	—	24,78;	—	21,45.
Eisen	—	17,74;	—	10,87;	—	7,00.

Das Leitungsvermögen gehärteter Drähte ist geringer als das der ausgeglühten. Aluminium soll noch besser leiten als Kupfer.

Den Metallen zunächst steht im Leitungsvermögen die Holzkohle. Der Diamant ist ein Nichtleiter, Graphit ein vorzüglicher, mineralische Holzkohle und Anthracit sind gute Leiter. Hierauf folgen im Leitungsvermögen die Erze. Die tropfbarflüssigen Körper stehen weit zurück. Nach Cavendish soll das Leitungsvermögen des Wassers 400 Millionen mal geringer sein als das der Metalle. Das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten ist der Länge derselben umgekehrt und dem Querschnitte gerade proportional und nimmt im Allgemeinen mit der Temperatur zu, aber dieser nicht proportional. Das Leitungsvermögen einer Kochsalzlösung ist über 30 Millionen Mal geringer als das des Kupfers.

Manche starre Körper, welche die Electricität nicht leiten, werden Leiter, wenn man sie in den tropfbarflüssigen Zustand überführt, z. B. Salpeter, Aetzkali, Aetznatron. Nach Faraday gehören hierher: Chlorblei, Chlorsilber, Chlornatrium, schwefelsaures Natron, ausserdem noch andere Chlor- und Jodverbindungen, Fluorkalium, Cyankalium, Schwefelcyankalium, salpetersaures Kali, Natron, Baryt, Strontian, Blei-, Kupfer-, Silberoxyd, schwefelsaures Blei, schwefelsaures Quecksilberoxydul, phosphorsaures Kali, Blei- und Kupferoxyd, glasige Phosphorsäure, phosphorsaurer Kalk, Borax, boraxsaures Bleioxyd, boraxsaures Zinnoxyd, einfach und doppelt chromsaures Kali, chromsaures Bleioxyd, essigsaures Kali, Schwefelantimon, Schwefelkalium, kieselsaures Kali.

Ein ausgezeichneter Leiter der Electricität ist die Flamme. Eine nähere Untersuchung veranlasste Erman, die Flammen in positive und negative unipolare Leiter zu unterscheiden. Zu den ersteren sollen die Flammen aller wasserstoffreichen Körper gehören, z. B. des Weingeistes, der fetten und ätherischen Oele, des Wachses, des Kampfers, der Harze etc., zu den letzteren die ganz trockne alkalische Seife, die Flamme des



phosphors, des ganz trocknen Eiweissstoffes. Die Unipolarität erkennt man daran, dass die Flamme unter Umständen nur den einen Strom leitet, während sie für den entgegengesetzten ein Isolator ist. Ist nämlich eine galvanische Säule isolirt und mit jedem Pole ein Electroskop verbunden, so tritt keine Aenderung in der Divergenz an dem einen Electroskope ein, wenn man mit der Flamme z. B. einer isolirten Weingeistlampe den anderen Poldraht berührt; ist die Lampe nicht isolirt, so steigt die Divergenz an dem Electroskope auf das Maximum. Bringt man beide Drähte zugleich in die isolirte Flamme, ohne dass sich dieselben berühren, so wird die Kette nicht geschlossen; wird hierbei der eine Pol ableitend berührt, so steigt die Divergenz auf das Maximum; wird aber die Flamme selbst ableitend berührt, so zeigt das Electroskop am negativen Pole das Maximum der Divergenz, als ob der positive Pol einseitig ableitend berührt worden wäre. Es leitet also die Weingeistflamme unter diesen Umständen die positive Electricität und ist für die negative ein Isolator. — Wahrscheinlich rührt die Erscheinung her von einer ungleichen Leitung auf beiden Seiten; vielleicht wird auch durch den electrischen Strom erst eine bedingende Veränderung herbeigeführt.

Zu den besseren Leitern der Electricität rechnet man noch die verschiedenen Theile des thierischen Körpers, so lange sie frisch sind, namentlich die animalischen Flüssigkeiten. Frische saftige Pflanzentheile leiten zwar, aber weniger gut als animalische. Die wässerigen Pflanzensäfte leiten besser als Wasser. Die Leinfaser ist auch trocken ein Leiter, ebenso Hollundermark und Kork.

Die vorzüglichsten Nichtleiter oder Isolatoren sind: Glas, die durchsichtigen Edelsteine, die Harze (Schellack, Siegellack, Kautschuck oder Federharz, Gutta-Percha, Wachs), Collodion, die trockene Hautbedeckung der Thiere (Haare, Pelzwerk, Federn), das Gespinnst der Seidenraupe und die aus demselben bereitete Seide, Zucker, trocknes arabisches Gummi, die trocknen Pflanzensäuren und Pflanzensalze, trocknes Holz, trockne Rinde, Baumwolle; die fetten Oele des Pflanzenreichs, ebenso die ätherischen und brenzlichen Oele und die natürlichen Balsame; alle fetten Substanzen aus dem Thierreiche (Talg, Wachs, Wallrath etc.), die ausgetrockneten Theile des thierischen Organismus. Zu den Nichtleitern rechnet man auch die Metalloide, alle brennbaren Mineralien (wegen der Kohle s. vorher unter den Leitern). Die trockene Luft ist ein Isolator, ebenso Gas und Dampf, so lange er vollkommen luftförmig ist. Eis ist ein um so besserer Isolator, je kälter es ist.

Viele Isolatoren werden zu Leitern, wenn an ihrer Oberfläche Feuchtigkeit adhärirt, z. B. auch Glas. Rothglühendes Glas leitet, ebenso geschmolzenes Siegellack, Pech, Bernstein, Schellack, Wachs. Ebenso werden flüssige Nichtleiter bei der Erhitzung zu Leitern; desgleichen kieselsäurehaltige Verbindungen durch Erwärmung; Wasserglas schon bei gelinder Erwärmung.

Nach Massgabe der Temperatur, des Feuchtigkeitszustandes etc. kann also derselbe Körper sowohl als guter Leiter, wie als schlechter Leiter und als Nichtleiter auftreten. Es ist daher nicht nöthig, noch eine besondere Classe von Halbleitern aufzustellen, zu der man Elfenbein, Schildpatt, Knochen, Horn, Leder, Papier, Pergament, gewöhnliches Holz, Marmor, Alabaster u. s. w. rechnete.

Nach Wiedemann's Untersuchungen besitzen viele Krystalle nach verschiedenen Dimensionen verschiedenes Leitungsvermögen (s. Art. Figuren, electrische).

Ueber Rousseau's Diagometer zur Ermittelung der relativen Isolationsfähigkeit oder des relativen Leitungsvermögens verschiedener Flüssigkeiten s. Art. Diagometer.

Leiter des Schalles oder Schallträger (s. d. Art.).

Leiter der Wärme oder Wärmeleiter nennt man diejenigen Körper, welche in Berührung mit einem wärmeren schnell wärmer und in Berührung mit einem kälteren schnell kalt werden, während die schlechten Wärmeleiter nur langsam ihren Wärmezustand verändern. S. Art. Wärme.

Leitungsdraht heisst ein zur Leitung der Electricität bestimmter Draht, z. B. Telegraphendraht.

Leitungsfähigkeit für Electricität ist das jedem Körper in grösserer oder geringerer Vollkommenheit zukommende Vermögen, die ihm mitgetheilte oder sonst in ihm hervorgerufene Electricität auf seiner ganzen Oberfläche zu verbreiten. S. Art. Leiter der Electricität.

Leitungsfähigkeit für Licht, Schall oder Wärme vergl. die Artikel Leiter mit Bezug auf die entsprechenden Bezeichnungen.

Leitungsröhre heisst eine Röhre, durch welche eine tropfbare oder luftförmige Flüssigkeit nach einem bestimmten Orte hinzufliessen gezwungen wird, z. B. bei den sogenannten Röhrenleitungen für Wasser oder Gas.

Leitungsvermögen, s. Art. Leitungsfähigkeit.

Leitungswiderstand bezeichnet den Gegensatz von Leitungsvermögen. Je grösser das Leitungsvermögen ist, desto kleiner muss der Leitungswiderstand sein. Vergl. Art. Leitungsfähigkeit und Leiter, namentlich Leiter der Electricität. Als Einheit des Widerstandes bei dem Durchgange electrischer Ströme nahm man meistens einen cylindrischen Kupferdraht von 1 Millimeter Durchmesser und 1 Meter Länge; aber auf den Vorschlag von W. Siemens legt man jetzt gewöhnlich ein Quecksilberprisma von 1 Meter Länge und 1 Millimeter Querschnitt bei 0° C. zu Grunde. Die auf diese Einheit zurückgeführten Widerstands-Talons werden aus Neusilberdraht hergestellt.

Lemniscate heisst eine krumme Linie in der Gestalt der Ziffer Acht (∞). Ihre Gleichung ist $(x^2 + y^2)^2 = a^2 (x^2 - y^2)$ und ihre

wesentliche Eigenschaft besteht darin, dass das Product der Entfernungen eines jeden ihrer Punkte von zwei festliegenden Punkten, deren Abstand $2a$ ist, eine constante Grösse, nämlich a^2 giebt. Die Lemniscate kommt zur Erscheinung bei Farbenerscheinungen im polarisirten Lichte (s. Art. Polarisation. A. d.).

Leseglas heisst ein grosses Convexglas von einer Brennweite, welche die Grösse von 6 Zoll wenigstens übertrifft. Hält man eine Schrift vor das Glas, so dass sich dieselbe noch innerhalb der Brennweite befindet, so erscheint dieselbe vergrössert. Vergl. Art. Brille und Linsenglas. D.

Leslie's Differentialthermometer, s. Art. Differentialthermometer.

Leslie'scher Würfel ist ein von Leslie benutzter Apparat, um das ungleiche Wärmeausstrahlungsvermögen von Flächen, welche gleiche Temperatur besitzen, nachzuweisen. Der Apparat besteht aus einem würfelförmigen Behälter von Blech, dessen eine Seite rauh gemacht, die zweite berusst, die dritte blank und die vierte mit irgend einem Anstriche oder Ueberzuge versehen ist, oder auch statt des Bleches eine Glasscheibe enthält. Wird der Behälter mit warmem Wasser gefüllt und lässt man dann die Flächen nach einander auf ein Differentialthermometer (s. d. Art.) einwirken, so zeigt sich eine ungleiche Wirkung, und zwar würde sich im angenommenen Falle ergeben, dass die rauhe Fläche mehr Wärme ausstrahlt als die blanke, die berusste noch mehr und die Glasscheibe ungefähr ebensoviel wie die berusste.

Leuchten heisst soviel als Licht aussenden, dass dadurch andere, an sich dunkle Körper (s. d. Art.) sichtbar werden. Vergl. Art. Undulationshypothese.

Leuchten des Meeres, s. Art. Leuchtthiere.

Leuchtende Körper sind diejenigen, welche die Quelle des Lichtes in sich selbst tragen. Den Gegensatz bilden die dunklen Körper.

Leuchtfeuer, s. Art. Leuchtthurm.

Leuchtgas ist ein mit intensiv leuchtender Flamme brennendes Gas, dessen wesentlicher Bestandtheil die unter dem Namen ölbildendes Gas bekannte Kohlenwasserstoffverbindung ist, welche man durch Erhitzen einer Mischung von 4 Theilen concentrirter Schwefelsäure mit einem Theile Alkohol gewinnt, gewöhnlich aber durch trockene Destillation kohlenstoffreicher und sauerstoffarmer organischer Stoffe, z. B. aus Steinkohle, darstellt. Es ist dies das Gas, welches jetzt an so vielen Orten zur Beleuchtung der Strassen und dergl. im Grossen dargestellt wird.

Leuchtkäfer sind Käfer, welche ein phosphorisches Licht aussenden. Es gehören aus den Insecten und Crustaceen hierher ausser dem Johanniskäfer *(Lampyris splendidula, noctiluca, laternaria* und *italica)* (s. d. Art.) *Elater noctilucus, ignitus* und *phosphoreus* in Westindien

und Nordamerika, *Fulgora laternaria* und *candelaria*, Laternenträger, dessen Leuchten indessen neuere Beobachter bestreiten; *Pausus sphaerocerus Afzel.*; *Scolopendria electrica, phosphorea* und *morsitans; Cancer fulgens* und *macrourus; Oniscus fulgens* und einige Arten von *Monoculus*, *Amymone* und *Nauplius*. Vergl. Art. Phosphorescenz.

Leuchtkraft bezeichnet die relative Intensität der verschiedenen Lichtquellen. Die Leuchtkraft zu messen, bedient man sich der Photometer (s. d. Art.).

Leuchtstein, Lichtmagnet, Lichtsauger, heisst vorzugsweise der Bononische oder Bologneser Leuchtstein. S. Art. Bologneser Leuchtstein. Ueber andere phosphorescirende Stoffe s. Art. Phosphorescenz.

Leuchtthiere sind Thiere, welche im lebenden Zustande ein phosphorisches Licht aussenden. Ausser dem Johanniskäfer (s. d. Art.) und den im Art. Leuchtkäfer aufgeführten Insecten und Crustaceen gehören hierzu von den Infusorien: *Leucophra echinoides*; *Trichoda triangularis, granulosa, clava* und *echinoides; Gleba pseudohippus, crispa, crystallina, deformis, conus* und *spiralis;* von den Zoophyten: *Pennatula phosphorea*, *Sertularia neritina* und *volubilis*; von den Mollusken: Sehr viele Arten von *Medusa*, desgl. von *Beroë; Mammaria adspersa; Nereis noctiluca* und *marina*; viele Arten von *Psyssophora* und *Salpa*; von den Schaalthieren: *Pholas dactylus*. — Leuchtende Seethiere bewirken das oft beobachtete Leuchten des Meeres. Nach Ehrenberg strömen besonders aus den Anneliden schnell auf einander folgende Funken aus und die Natur derselben scheint dieselbe zu sein wie bei den electrischen Fischen (s. Art. Fische, electrische). Ist dem so, so erklärt sich auch sofort, warum das Leuchten des Meeres im bewegten Wasser am stärksten ist.

Leuchtthurm, Feuerthurm, Leuchtfeuer oder Blüse ist ein auf einem erhöhten Orte, gewöhnlich auf einem Thurme in der Nähe eines Hafens oder einer Rhede brennendes Feuer, welches den heransegelnden Schiffen als Zeichen dient, nach welchem sie den Cours zu nehmen haben. Auch zur Warnung finden sich Leuchtfeuer in der Nähe gefährlicher Bänke und Klippen. Früher hatte man blos Kohlenfeuer, jetzt sind die Leuchtthürme mit Lampen versehen, deren Licht durch gewöhnlich parabolische Reflectoren in grosse Entfernung strahlt, oder durch eine Linsencombination eine möglichst horizontale Richtung erhält. Der Brennraum ist mit Glasfenstern umgeben. Dass das Feuer in jeder Nacht brennen muss, gleichgültig ob Mondschein ist oder nicht, versteht sich von selbst, denn es soll nicht die Küste oder das Meer erhellt werden, sondern das Licht soll als Signal dienen. Nahe bei einander stehende Leuchtfeuer leuchten gewöhnlich mit verschiedenem

Lichte, was durch farbige Cylinder über der Lampenflamme erreicht wird, oder das eine Feuer ist ein stehendes, d. h. fortwährend leuchtendes, das andere ein intermittirendes, indem es mittelst eines Uhrwerkes durch einen sich drehenden Schirm einige Minuten verdeckt wird und dann wieder eine Zeit lang leuchtet. Wegen der Reflectoren s. Art. Spiegel, wegen der Linsencombination Art. Linsenglas. I.

Leydner Flasche, s. Art. Flasche, electrische.

Libelle, Wasserwaage mit Luftblase, ist ein Instrument, dessen man sich zur Herstellung und Beobachtung einer horizontalen Richtung bedient, und dessen Einrichtung darauf beruht, dass in einem mit Flüssigkeit fast ganz gefüllten Gefässe der noch mit Luft gefüllte Theil stets die höchste Stelle einnimmt. An einer bis auf einen kleinen Theil gefüllten Weinflasche ist die betreffende Beobachtung leicht zu machen. Die Form des Flüssigkeitsbehälters ist an sich beliebig und danach könnte es sehr verschieden geformte Libellen geben, indessen sind doch nur zwei Formen in Gebrauch gekommen, nämlich die Dosen- und Röhrenlibelle. Das Nähere enthalten die besonderen Artikel: Dosenlibelle und Röhrenlibelle. Hier bemerken wir nur noch, dass die erstere zwar bequemer ist als die zweite, da sie die Horizontalität in ihrer Grundfläche nach allen Richtungen hin nachweist, dass sie aber keine grosse Empfindlichkeit besitzt, weil sie in ihrem Durchmesser auf eine geringe Länge beschränkt ist. Deshalb wendet man die Dosenlibelle nur bei annähernden Bestimmungen an, nicht aber bei geodätischen und astronomischen Messungen oder zur Prüfung und Berichtigung der Hauptbewegungen an Instrumenten, oder zur Versicherung des horizontalen Standes von Theilungskreisen etc., wo allein die Röhrenlibelle die ausreichende Genauigkeit bietet. — Man bringt die Libellen häufig mit Dioptern oder mit einem Fernrohre in Verbindung.

Libration des Mondes, s. Art. Mond.

Libonotus hiess bei den Alten der Süd-Südwestwind.

Licht bezeichnet das Agens, durch welches wir mit Hilfe unserer Augen selbst entfernte Gegenstände wahrnehmen, so dass wir dann sagen, diese Gegenstände seien sichtbar oder dass wir sie sehen. Um das Sichtbarwerden der Gegenstände zu erklären, könnten wir einen besonderen Stoff annehmen, der von dem gesehenen Gegenstande ausgeht und in unser Auge dringt. Nennen wir diesen hypothetischen Stoff Lichtstoff oder schlechthin Licht, so könnten wir sagen, dass der in das Auge dringende Lichtstoff hier einen Stoss ausübt, welcher von dem Auge empfunden wird. Diese Vorstellungsart liegt der Emanations- oder Emissionshypothese zu Grunde, über welche ein besonderer Artikel (Emanationshypothese) das Nähere ausführt. Wahrscheinlicher ist es jedoch, dass den Lichterscheinungen, ähnlich den Schallerscheinungen, eine Wellenbewegung eines den ganzen Weltenraum und alle Körper durchdringenden Stoffes, des sogenannten Aethers (s. d. Art.),

zu Grunde liegt und das Auge den Schlag dieser Wellen empfindet. Diese Vorstellungsart ist diejenige der Vibrations- oder Undulations- oder Oscillationshypothese, über welche Art. Undulationshypothese ausführlich handelt. Abgesehen von den beiden Vorstellungsarten bezeichnet nun Licht dasjenige, wodurch überhaupt das Sichtbarwerden der Gegenstände bedingt wird.

A. Quellen des Lichtes. Die mächtigste Lichtquelle ist die Sonne. Woher die Sonne ihr Licht habe, ob durch einen Verbrennungsprocess oder dergl., kann hier nicht näher berührt werden. In dieser Beziehung ist Art. Sonne zu vergleichen. Nach Bouguer ist das Licht der Sonne gleich dem von 11664 Wachslichtern in 16 par. Zoll Entfernung; nach Wollaston gleich dem von 5563 Kerzen in der Entfernung von einem engl. Fuss. Beide Resultate weichen nicht sehr von einander ab, denn das erstere giebt, reducirt auf die Entfernung von ebenfalls einem engl. Fuss, 5774 Wachslichter.

Eine fernere Lichtquelle ist für uns der Mond (vergl. diesen Art.). Nach Bouguer ist die Intensität des Lichtes des Vollmondes 250000 bis 300000mal schwächer als die des Sonnenlichtes; nach John Michell 450000mal; nach Euler noch achtmal weniger; nach Wollaston gleich dem $^1/_{144}$ Theile des Lichtes einer Kerze, welche sich in der Entfernung von einem Fuss befindet, folglich $144 . 5563 = 801072$mal schwächer; nach Leslie nur 150000mal.

Das Licht der Planeten, die mit reflectirtem Lichte leuchten, und das der Fixsterne, welches wie das der Sonne ein eigenes ist, kommt bei der Erleuchtung der Erde so gut wie gar nicht in Betracht. (Vergl. Art. Fixsterne.) Nach J. Herschel ist das Licht des Vollmondes 27408mal stärker als das von α Centauri; nach Wollaston ist die Intensität des Sonnenlichtes 20000 Millionen mal grösser als die des Sirius. Setzt man die Lichtintensität von α Lyrae oder Wega = 1, so ist nach Seidel die Intensität des Lichtes vom Sirius = 5,13; vom Riegel = 1,3; vom Arcturus = 0,84; von der Capella = 0,83; vom Procyon = 0,71; von der Spica = 0,49; vom Atair = 0,4; vom Aldebaran = 0,36; vom Deneb = 0,35; vom Regulus = 0,34; vom Pollux = 0,3. — Uebrigens ist das Licht der Fixsterne von dem der Sonne verschieden.

Die Hauptquelle des Lichtes für künstliche Beleuchtung ist der chemische Process, auf welchen indessen hier plangemäss nicht näher eingegangen werden kann; zu vergleichen ist indessen Art. Flamme. Der Verbrennungsprocess ist hier das Wesentlichste, z. B. die Lampen (s. d. Art.).

Licht tritt ausserdem auf beim Krystallisiren, bei der Electricität (s. Art. Funke, electrischer und Lichtbogen), bei mechanischen Einwirkungen, als Schlagen, Stossen, Reiben, Streichen, Zerbrechen, Zerstossen, Zersprengen etc.

Von dem phosphorischen Lichte handelt Art. Phosphorescenz.

B. Verhalten des Lichtes im Allgemeinen. 1) Von jedem Körper, den wir mit unseren Augen wahrnehmen, muss Licht ausgehen; man unterscheidet aber Körper, welche die Quelle des Lichtes in sich selbst haben: leuchtende Körper, und Körper, bei denen dies nicht der Fall ist: dunkle Körper. Die letzteren sind an sich unsichtbar und werden nur gesehen, indem Licht von anderen Körpern auf sie fällt und von ihnen zurückgeworfen in unser Auge gelangt. In diesem Falle heissen sie beleuchtete oder erleuchtete, oder Licht zurückwerfende, Licht reflectirende Körper. — Das Licht, welches von einem Körper — gleichgültig, ob von ihm als Quelle oder durch Zurückwerfung — ausgeht, kann, sobald es auf einen dunklen Körper auffällt, entweder durch den Körper ungehindert hindurchgehen, oder ganz zurückgeworfen, oder vollständig aufgehalten werden. Keiner dieser drei Fälle, die wir vielmehr als die Extreme aufzufassen haben, kommt indessen rein vor, sondern stets wird ein Theil in das Innere des getroffenen Körpers eindringen, ein anderer Theil wird von der Oberfläche zurückkehren und ein dritter Theil wird für das Auge verloren gehen. Im letzteren Falle sagt man, dass das Licht absorbirt sei (s. Art. Absorption, B.), im zweiten Falle nennt man das Licht reflectirt, oder zurückgeworfen, oder zurückgestrahlt (s. Art. Katoptrik). Geht das Licht durch den getroffenen Körper hindurch, d. h. durchstrahlt es denselben, so heisst der Körper durchsichtig und wird in dieser Beziehung ein Medium (Mittel) genannt. Durch durchsichtige Körper erkennt man hinter ihnen befindliche Gegenstände in scharfen Umrissen. Den Gegensatz der durchsichtigen Körper bilden die undurchsichtigen, welche kein Licht durch sich hindurchlassen und durch welche man daher gar nichts von den hinter ihnen befindlichen Gegenständen wahrnimmt. Zwischen beiden Arten stehen die durchscheinenden Körper, durch welche man die hinter ihnen befindlichen Gegenstände — selbst wenn sie nahe stehen — nur in unbestimmten Umrissen sieht. Ueberhaupt muss man bei der Durchsichtigkeit verschiedene Grade unterscheiden, als Durchschimmern, Durchscheinen, Durchleuchten etc. Wachsbilder, Lithophanien etc. gründen sich darauf, dass die Körper bei verschiedener Dicke das Licht mehr oder weniger durchlassen. Streng genommen ist kein Stoff weder vollkommen durchsichtig, noch undurchsichtig. Blattgold lässt das Licht mit grünlichblauer Farbe durch, wenn die Dicke nicht über $^1/_{2000}$ Linie beträgt. Daher kommt auch der blaue Duft, in welchem ferne Gegenstände erscheinen. — Bei den durchsichtigen Körpern versetzen die auffallenden Lichtwellen ohne merkliche Schwächung den in den Körpern enthaltenen Aether in regelmässige Schwingungen, die bei dem Austreten auf der Hinterseite derselben sich als regelmässige Lichtwellen weiter fortpflanzen; bei den durchscheinenden erleiden die

in ihnen erregten Schwingungen eine mehr oder minder bedeutende Schwächung; bei den undurchsichtigen ist die Schwächung so bedeutend, dass die in ihnen erregten Schwingungen gar nicht bis auf die Hinterseite durchdringen können.

2) Von jedem leuchtenden Punkte breitet sich das Licht nach allen Richtungen aus. — Den Weg (die Linie), auf welchem sich die Wirkung des Lichtes fortpflanzt, nennt man einen physischen Lichtstrahl. Ein solcher besteht aus einer Anzahl oder aus einem Bündel paralleler geometrischer Strahlen. — Bewegt sich das Licht durch einen durchsichtigen Körper (Medium), der sich in jeder Beziehung gleich bleibt, so sind die Lichtstrahlen geradlinig. Trifft aber das Licht auf ein anderes Mittel, oder bleibt das Mittel, in welchem sich dasselbe fortpflanzt, sich nicht in jeder Beziehung gleich, ändert es z. B. seine Dichtigkeit, so treten Aenderungen in der Richtung der Lichtstrahlen ein. Hierauf beruht z. B. die astronomische Strahlenbrechung (s. Art. Brechung).

3) Das von einem leuchtenden Punkte geradlinig fortgehende und auf eine Fläche auffallende Licht bildet je nach der Gestalt der Fläche, ob diese nämlich geradlinig oder krummlinig begrenzt ist, einen Strahlenkegel oder eine Strahlenpyramide. Hieraus erklärt sich folgende bekannte Erscheinung: Bringt man in dem Laden eines verdunkelten Zimmers eine feine Oeffnung an, so erblickt man auf einer hinter derselben befindlichen Wand ein umgekehrtes Bild aller der Gegenstände, von welchen Licht durch die Oeffnung zu der Wand gelangen kann. Von jedem Punkte eines Gegenstandes geht nämlich Licht durch die Oeffnung und entwirft auf der Wand ein Bildchen der Oeffnung; die einzelnen Bildchen liegen einander unendlich nahe, decken einander auch zum Theil und erzeugen daher ein zusammenhängendes Bild des Gegenstandes, da sie zu einander dieselbe Lage wie im Gegenstande haben. Daher erblickt man hinter kleinen Oeffnungen auf einer Ebene, welche zu den durch dieselben gehenden Sonnenstrahlen senkrecht steht, runde Sonnenbilder und unter belaubten, von der Sonne beschienenen Bäumen ovale helle Flecke, indem hier die Lücken der Blätter die Oeffnungen darstellen. Bei Sonnenfinsternissen sieht man an diesen Flecken die Gestalt des nicht verdeckten Theiles der Sonne.

4) Je weiter eine Fläche von dem Punkte absteht, dessen Lichtstrahlen dieselbe treffen, desto schwächer wird dieselbe erleuchtet, da die Strahlen des Strahlenkegels oder der Strahlenpyramide sich über einen immer grösseren Raum ausbreiten. Die Stärke der Erleuchtung einer Fläche durch einen leuchtenden Punkt steht im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadraten der Entfernungen. Näheres über die Messung der Stärke der Erleuchtung und der Leuchtkraft enthält Art. Photometrie.

5) Fallen Lichtstrahlen einer Lichtquelle auf einen undurchsichtigen Körper, so gelangen in einen bestimmten Raum hinter demselben

von ihr keine Strahlen. Diesen Raum nennt man Schatten. Abwesenheit alles Lichtes in einem Raume würde Finsterniss sein. Ueber die beim Schatten eintretenden näheren Verhältnisse vergl. Art. Schatten.

6) Es verbreitet sich das Licht nicht augenblicklich von einer Stelle zu einer anderen, sondern bedarf zum Durchlaufen einer gewissen Strecke einer gewissen Zeit. Die Geschwindigkeit des Lichtes beträgt über 40000 Meilen. Legt man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 19992600 Meilen zu Grunde, so ergiebt der Aberrationscoefficient nach Struve 20″,4451 die Geschwindigkeit des Lichtes 40152 Meilen und der Aberrationscoefficient nach Peters 20,503 nur 40040 Meilen.

Olaus (Olaf) Römer ermittelte 1675 und 1676 die Geschwindigkeit des Lichtes aus den Verfinsterungen des ersten Trabanten des Jupiter. Der Austritt des ersten Jupitertrabanten, dessen Umlaufszeit 42 St. 28 Min. 35 Sec. beträgt, erfolgt bei grösserer Entfernung der Erde von dem Jupiter später als es nach der Berechnung sein sollte, und bei kleiner gewordener Entfernung der Beginn der Verfinsterung früher. In der Opposition bleibt die Entfernung der Erde von dem Jupiter eine Zeitlang dieselbe und die Zeit von einem Austritte des Trabanten aus dem Schatten des Jupiter bis zum nächsten bleibt gleich der Umlaufszeit; in dem nach der Opposition folgenden Quadranten entfernt sich die Erde fast geradlinig von dem Jupiter und in dem entgegengesetzten Quadranten nähert sich dieselbe dem Jupiter in gleicher Weise. Wenn nun die Beobachtung zeigt, dass bei auf einander folgenden Verfinsterungen im ersten Falle der Austritt des Trabanten aus dem Schatten des Jupiter 14 Sec. später, im zweiten der Eintritt in den Schatten 14 Sec. früher erfolgt, und dies darin seinen Grund hat, wie Römer vermuthete, dass das Licht mehr Zeit gebraucht, um im ersten Falle die vergrösserte Entfernung bis zur Erde zu durchlaufen, im zweiten weniger für die verkürzte Entfernung, die Erde aber in einer Secunde 3,98 Meilen, also in der Umlaufszeit des Trabanten 608601,7 Meilen zurücklegt, so braucht das Licht 14 Sec., um diese 608601,7 Meilen zu durchlaufen, und hat also eine Geschwindigkeit von 43471,5 Meilen. Was Römer nur vermuthet hatte, fand Bradley 1727 an der Aberration (s. d. Art.) bestätigt. Nach Struve's Aberrationscoefficienten berechnet sich die Geschwindigkeit des Lichtes wie oben angegeben ist, ebenso nach Peters. Die Entfernung der Erde von der Sonne nahm man bis 1862 zu 20682000 Meilen an und daraus berechnete man die Geschwindigkeit des Lichtes mit den Aberrationscoefficienten von Struve zu 41549 geogr. Meilen à 7419 Meter. Nach den Ergebnissen der neuesten astronomischen Forschungen ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne aber $^1/_{30}$ kleiner und daher muss auch die Geschwindigkeit des Lichtes kleiner sein, als man früher

berechnet hatte. Das Nähere über die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne s. im Art. Sonne. Es sei an dieser Stelle nur noch erwähnt, dass directe Versuche Faucault's über die Geschwindigkeit des Lichtes zu dem Resultate geführt haben, dass das Licht in einer Secunde 298000 Kilometer durchläuft, was mit obigem Resultate insofern stimmt, als es 40145 geogr. Meilen gleich kommt. — Fizeau hatte bereits 1849 durch einen sinnreichen Apparat die Geschwindigkeit des Lichtes aus Beobachtungen, denen nur eine Entfernung von 8633 Metern = 26575 par. Fuss zu Grunde lag, gemessen. Das Princip, von welchem er ausging, war im Allgemeinen folgendes. Wenn eine Scheibe nach Art der gezahnten Räder im Umfange in gleichgrosse, abwechselnd volle und ausgeschnittene, Stücke getheilt ist und sich in ihrer Ebene um den Mittelpunkt ihrer Figur mit grosser Geschwindigkeit dreht, so ist die Zeit, während welcher ein solcher Zahn oder ein solcher Zwischenraum vor einem bestimmten Punkte vorbeigeht, sehr kurz. Man kann es dahin bringen, dass diese Zeit nur $^1/_{10000}$ oder gar nur $^1/_{100000}$ Secunde beträgt, ein Zeittheilchen, in welchem das Licht bei 40000 Meilen Geschwindigkeit im ersten Falle 4 Meilen, im anderen nur $^4/_{10}$ Meilen zurücklegt. Geht nun durch die Abtheilungen einer solchen rotirenden Scheibe ein Lichtstrahl hindurch, der nach seinem Durchgange mittelst eines entfernten Spiegels reflectirt und zur Scheibe zurückgesandt wird, so wird er bei seiner Rückkehr zur Scheibe je nach der Rotationsgeschwindigkeit derselben entweder einen Zahn oder eine Lücke treffen, so dass er also je nach den Umständen entweder durch einen Zahn aufgehalten oder durch eine Lücke hindurchgehen wird. Fizeau stellte nach diesem Principe zwei Fernröhre auf, das eine im Belvedere eines zu Suresnes gelegenen Hauses, das andere auf der Höhe des Montmartre in der oben angegebenen Entfernung. Die Fernröhre waren genau so gestellt, dass man das Fadenkreuz des einen im Brennpunkte des anderen sah. In dem einen Fernrohre ist unter einem Winkel von 45° gegen die Axe desselben ein durchsichtiges Glas zwischen dem Oculare und dem Brennpunkte des Objectivs angebracht, um das Licht einer seitwärts stehenden Lampe oder der Sonne aufzufangen und nach dem Brennpunkte concentrirt hinzuwerfen. Deshalb geht das Licht durch eine seitlich an dem Rohre angebrachte Convexlinse. Das im Brennpunkte des Objectivs concentrirte Licht geht der Axe parallel zu dem anderen Fernrohre, wird also dort in dem Brennpunkte dieses zweiten Fernrohres concentrirt. Hier befindet sich ein Planspiegel, von welchem das Licht auf demselben Wege zu dem ersten Fernrohre reflectirt wird, wo es sich in dem Brennpunkte des Objectivs vereinigt und durch das durchsichtige Glas hindurch betrachtet werden kann. An der der Lichtquelle gegenüberliegenden Seite des ersten Fernrohrs ist nun eine Oeffnung, durch welche der Rand des oben angegebenen gezahnten Rades so in das Innere des Fernrohrs hineinragt, dass der gezahnte

Rand gerade durch den Brennpunkt des Objectivs geht. Das Rad hatte 720 Zähne und bei 12,6 Umläufen in einer Secunde trat die erste Verfinsterung ein; bei doppelter Geschwindigkeit erglänzte der Punkt aufs Neue; bei dreifacher Geschwindigkeit entstand eine zweite Verfinsterung; bei vierfacher erglänzte der Punkt abermals u. s. f. Da die Breite jedes Zahnes und jeder Lücke $^1/_{1440}$ von dem Umfange des Rades beträgt, so dauert es bei 12,6 Umläufen in einer Secunde $^1/_{1440 \cdot 1,16} = {}^1/_{18144}$ Secunde, bis eine Lücke den Brennpunkt passirt; das Licht, welches durch diese Lücke geht, kommt aber gerade vom anderen Fernrohre zurück, während ein Zahn im Brennpunkte ist; folglich hat das Licht in $^1/_{18144}$ Secunde den Weg von 2.8633 Metern zurückgelegt. Die Geschwindigkeit des Lichtes ergiebt sich mithin = 17266.18144 = 313285304 Meter oder 42221 geogr. Meilen zu 7420 Metern. Aus 28 Beobachtungen erhielt Fizeau im Mittel 42506 Meilen. — Nachdem dies Experiment geglückt war, stellte Fizeau im Verein mit L. Breguet Versuche ähnlicher Art an über die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft und im Wasser. Statt des gezahnten Rades wurde ein rotirender Spiegel benutzt nach der Art, wie es Wheatstone bei Bestimmung der Geschwindigkeit der Electricität gethan hatte (s. Art. Lichteindruck). Es ergab sich das für die Undulationstheorie entscheidende Resultat, dass die Geschwindigkeit des Lichtes im Wasser sich zu der in der Luft wie 3 : 4 verhält, während es nach der Emanationstheorie gerade umgekehrt hätte sein müssen. Schon 1840 hatte Arago den sich drehenden Spiegel zu derartigen Versuchen benutzen wollen, aber ohne ein günstiges Resultat zu erzielen. In neuester Zeit hat nun Faucault die Versuche wieder aufgenommen und die Messungen mit einer Feinheit ausgeführt, welche nichts zu wünschen übrig lässt, was um so interessanter ist, als derselbe nicht einmal so grosser Entfernungen wie Fizeau bedurfte. Der Apparat ist zwar schwer ohne Zeichnungen zu beschreiben; indessen wird Folgendes eine Anschauung gewähren.

Vor einem Mikroskope befindet sich ein kleiner von Sonnenstrahlen beleuchteter Glasspiegel mit Silberbelegung, in welchem äusserst feine Striche gezogen sind, die $^1/_{10}$ Millimeter von einander abstehen. Beim Hindurchsehen durch das Mikroskop sieht man diese Striche sehr deutlich und vermag ihre Lage mit grosser Genauigkeit zu messen. Drei Fuss von diesem mit Strichen versehenen Spiegel befindet sich ein kleiner aufrechtstehender Spiegel, welcher durch ein Triebwerk von grosser Gleichmässigkeit um eine verticale Axe gedreht werden kann. Wir wollen zunächst annehmen, dass dieser drehbare Spiegel nicht gedreht wird und sich in einer Stellung befindet, wo er das Licht des Strichspiegels wiederspiegelt und auf einen ihm gegenüber stehenden Hohlspiegel wirft, der in etwa zwölf Fuss Entfernung aufgestellt ist. Von diesem Hohlspiegel wird das Licht wieder auf einen Hohlspiegel reflec-

tirt, von diesem auf einen dritten, von diesem auf einen vierten und von diesem auf einen fünften, die in gleich grosser Entfernung von etwa 12 Fuss einander gegenüberstehen, so dass das Licht der Reihe nach an jedem der fünf Spiegel reflectirt wird. Der fünfte Spiegel ist nun so gestellt, dass er das auffallende Licht wieder so reflectirt, dass es denselben Weg durch sämmtliche Spiegel wieder zurückmacht und schliesslich wieder auf den drehbaren Spiegel fällt. Steht der drehbare Spiegel noch still, so wird das zurückkehrende Bild des Strichspiegels genau mit diesem selbst zusammenfallen und durch das Mikroskop wird man die Striche selbst nur einfach und in ihrer ursprünglichen Lage erblicken.

Setzen wir den drehbaren Spiegel in Bewegung, so hat dieser in der kurzen Zeit, welche das Licht zur Durchwanderung der Strecke zwischen allen Spiegeln hin und zurück gebraucht, eine kleine Wendung gemacht, es findet also das von den Strichen ausgegangene Licht, wenn es wieder zu dem drehbaren Spiegel zurückkehrt, diesen nicht mehr in derselben Stellung wie bei dem Beginne der Wanderung. Es ist folglich das von dem zurückgekehrten Lichte erzeugte Bild verschoben. Kennt man nun genau die Geschwindigkeit, mit welcher der drehbare Spiegel gedreht wurde, und kann man die Grösse der Verschiebung des Strichbildes genau messen, so lässt sich die Zeit berechnen, welche das Licht gebraucht hat, um die zwischen allen Spiegeln liegende Strecke hin und zurück zu durchwandern. Das Resultat war das bereits angegebene von 40145 geogr. Meilen als Lichtgeschwindigkeit, also abweichend von dem, welches *Fizeau* gefunden hatte; aber durch seine Genauigkeit ausgezeichnet und überdies gegen die früher berechnete Lichtgeschwindigkeit von 41549 Meilen mit den neueren astronomischen Forschungen übereinstimmend (s. Art. *Sonne*).

Licht, *electrisches*, s. Art. *Funke, electrischer, Lichteindruck* und *Geschichtetes Licht*.

Licht, *geschichtetes*, s. Art. *Geschichtetes Licht*.

Licht, *heterogenes* }
Licht, *homogenes* } s. Art. *Heterogenes Licht*.

Lichtaberration, s. Art. *Aberration*.

Lichtabsorption, s. Art. *Absorption. B.*

Lichtäther, s. Art. *Aether* und *Undulationshypothese*.

Lichtbild, s. Art. *Photographie*; vergl. auch *Daguerreotypie*.

Lichtbogen, *Volta'scher* oder *galvanischer Flammenbogen* oder *electrisches Kohlenlicht*. Lässt man die Schliessungsdrähte einer galvanischen Kette in zugespitzte Kohlenstücke, am besten aus der Masse, welche sich bei Bereitung des Leuchtgases in den Retorten absetzt, endigen, so zeigt sich ein lebhaftes Licht, sobald die Kohlenspitzen in Berührung kommen. Bei einer Kette von wenigstens 30 bis 40 Bunsenschen Elementen wird das Licht intensiver als



das Drummond'sche Licht (s. d. Art.) und dann stellt sich sogar bei nicht stattfindender Berührung der Kohlenspitzen, wenn nur das Leuchten durch Berührung erst eingeleitet ist, durch die zwischen den Polen übergehenden glühenden Kohlentheilchen ein prächtiger Lichtbogen ein, den man eben den Volta'schen oder galvanischen Lichtbogen nennt. Dies Licht zur Beleuchtung im Grossen, z. B. auf Leuchtthürmen, zu benutzen, ist noch nicht vollkommen gelungen. Zu Theatereffecten, z. B. zur Darstellung von Sonnenaufgängen ist mehrfach die Verwendung versucht worden. Die Regulirung des Lichtes hat deshalb Schwierigkeiten, weil es nicht ausreichend ist, eine constante Kette anzuwenden, sondern weil auch der Abstand der Kohlenspitzen soviel als möglich unverändert bleiben muss, ungeachtet sich dieselben fortwährend abnutzen. Am zweckmässigsten hat sich ein von Deleuil construirter Regulator erwiesen, der sich darauf gründet, dass bei grösser werdendem Abstande der Spitzen der Leitungswiderstand wächst, die Stromstärke abnimmt und deshalb auch in dabei benutzten Electromagneten der Magnetismus schwächer wird. Durch diese mithin verschieden stark wirkenden Electromagnete wird nun die Regulirung zu Stande gebracht.

Der Lichtbogen verhält sich wie ein Leiter, der durch den Einfluss von genäherten Strömen, Magneten oder auch des Erdmagnetismus gerichtet und angezogen wird. Wird die eine Kohlenspitze durch einen magnetischen Stahlstab ersetzt, so rotirt der Lichtbogen um diesen, als ob er selbst ein fester Leiter wäre (s. Art. Electrodynamik. B. S. 270.)

Lichtbrechung, s. Art. Brechung. A.

Lichtbüschel oder Glimmlichter nennt man die Lichterscheinungen an zugespitzten Leitern, welche einer electrischen Einwirkung ausgesetzt sind; vergl. Art. Elmsfeuer und Art. Electricität. S. 262.

Lichte Kammer, s. Art. Camera lucida.

Lichteindruck. Wenn das Auge von Licht getroffen wird, so hält die Wirkung des Stosses oder Schlages, welchen dabei der Sehnerv erleidet (s. Art. Auge), eine mehr oder minder lange Zeit an. Hierfür sprechen entschieden die Nachbilder, wenn man in die Sonne gesehen hat (s. Art. Abklingen). Eben daraus erklärt sich die leuchtende Linie, welche man erblickt, wenn man einen Holzstab an einem Ende anbrennt und das glühende Ende hierauf schnell bewegt; desgleichen die Lichtlinie der Sternschnuppen, ebenso die eigenthümliche Figur, wenn man ein Dreieck, Rechteck etc. aus Pappe um eine Nadel in schnelle Drehung versetzt etc. Auch die eigenthümlichen Figuren gehören hierher, welche man erblickt, wenn man ein vor einem Gitter vorbeirollendes Rad betrachtet, oder wenn man ein Rad über seinem Schatten rotiren lässt und schräg darauf sieht. Vergl. überdies Art. Anorthoskop, Art. Thaumatrop, Art. Stroboskop. — Es fragt sich

nun, wie gross die Dauer des Lichteindruckes ist. Newton schätzte die Dauer des Lichteindruckes einer geschwungenen glühenden Kohle auf 1 Secunde; nach d'Arcy's Untersuchungen beträgt sie nur 0,133 Sec.; nach Segner 0,5 Sec.; nach Cavallo 0,1 Sec.; nach Thomas Young 0,1 bis 0,5 Sec.; nach Parrot im Hellen $^1/_6$ und im Dunkeln $^1/_4$ Sec. Plateau fand für Weiss 0,35; für Gelb 0,35; für Roth 0,34 und für Blau 0,32 Sec., wenn er Gelb mit Gummigutt, Roth mit Carmin und Blau mit Berlinerblau getuscht hatte. Ich selbst habe (Poggend. Annal. Bd. 91. S. 611) nach einer anderen Methode experimentirend für dieselben getuschten Farben gefunden: Weiss 0,25; Gelb 0,25; Roth 0,22 und Blau 0,21 Sec. Versuche mit farbigen, aber glänzenden Papieren ergaben mir bei Tage: Dunkelblau 0,29; Gelb 0,27; Mittelgrün 0,26; Dunkelgrün 0,26; Weiss 0,25; Roth 0,24; Mittelblau 0,22. Beim Lichte einer sogenannten Schiebe- (Flaschen-) Lampe erhielt ich: Dunkelblau 0,35; Dunkelgrün 0,35; Gelb 0,31; Weiss 0,30; Roth 0,29; Mittelgrün 0,26; Mittelblau 0,26. Es ist also die Dauer des Eindrucks einer Farbe bei Lampenlicht grösser als bei Tageslicht, und überdies erregen Farben, welche man beim Lampenscheine nicht zu unterscheiden vermag, dann auch Eindrücke von gleicher Dauer.

Wheatstone hat (1835) zuerst die Dauer des electrischen Lichtes und zugleich die Geschwindigkeit zu ermitteln gesucht. Er befestigte auf einem Brette isolirt 6 Metallkugeln, welche in einer Linie paarweis $^1/_{10}$ Zoll von einander aufgestellt waren. Die erste Kugel stand durch einen Kupferdraht mit der äusseren Belegung einer electrischen Verstärkungsflasche in Verbindung; die zweite und dritte waren durch 10 Längen isolirt neben einander gespannten $^1/_{15}$ Zoll dicken Kupferdraht verbunden, die zusammen $^1/_4$ engl. Meile betrugen; auf gleiche Weise war zwischen der 4. und 5. Kugel eine Verbindung hergestellt; die 6. aber konnte mit der inneren Belegung der Verstärkungsflasche in Verbindung gebracht werden durch einen an derselben befindlichen Kupferdraht. In einiger Entfernung von diesem Apparate wurde ein Spiegel aufgestellt, welcher sich um eine verticale Axe drehte und in 1 Secunde 800 Umläufe machte; sobald nun die Flasche durch den Apparat mittelst der 1. und 6. Kugel entladen wurde, zeigten sich die 3 Funken zwischen der 1. und 2., zwischen der 3. und 4., zwischen der 5. und 6. Kugel in dem Spiegel als Bogen von etwa 24 Grad höchstens und zwar in drei parallelen Linien, von denen die mittelste je nach der Drehung des Spiegels nach der einen oder nach der anderen Seite vorsprang, aber nicht über $^1/_2$ Grad. Hieraus folgerte Wheatstone, dass die Funken zwischen den Kugeln 1 und 2 und zwischen 5 und 6 gleichzeitig, der zwischen 3 und 4 später entstanden war. Nach einem bekannten Satze der Katoptrik (s. Art. Spiegel) hat das Bild in dem Spiegel die doppelte Winkelgeschwindigkeit des Spiegels; da nun dieser 800. 360^0 in einer Secunde durchläuft, so kommen auf 24 Grad $^1/_{12000}$ =

0,000083 Sec. und also auf die Entladung 0,000042 Sec., und die Dauer des electrischen Funkens beträgt mithin höchstens $^1/_{12000}$ Sec. Da der mittlere Funke zwischen der 3. und 4. Kugel $^1/_2$ Grad später kommt, so braucht die Electricität soviel Zeit, um von 2 nach 3 oder von 5 nach 4 zu kommen, als der Spiegel gebraucht, um durch $^1/_4$ Grad sich zu drehen, d. h. 0,000000868 Sec. Der in dieser Zeit durchlaufene Weg beträgt $^1/_4$ engl. Meile; folglich würde die Electricität in 1 Sec. 288000 engl. oder 62500 (genauer 62458) geogr. Meilen durchlaufen. — Nach Fizeau und Gounelle beträgt die Geschwindigkeit der Electricität in einem Eisendrahte von 4^{mm} Durchmesser ungefähr 100000 Kilometer = 13617 geogr. Meilen und in einem Kupferdrahte von $2,5^{mm}$ Durchmesser 180000 Kilometer = 24511 geogr. Meilen. Walker in Cincinnati fand in eisernem Telegraphendrahte nur 30000 Kilometer oder 19500 engl. oder 4232 geogr. Meilen, und Mitchell ebenda 46000 Kilometer oder 28524 engl. oder 6190 geogr. Meilen. Gould erhielt nur 15890 engl. = 3448 geogr. Meilen; Guillemin und Burnouf fanden 45000 Lieues = 24258 geogr. Meilen.

Lichtenberg'sche Figuren, s. Art. Figuren, electrische. S. 336.

Lichtflamme, s. Art. Flamme; ausserdem heben wir hier noch hervor, dass bei der Flamme der Lampen oder Kerzen drei Theile zu unterscheiden sind. Der innerste Theil besteht aus den Zersetzungsproducten des Leuchtmaterials, die sich in dampf- und gasförmigem Zustande befinden. Diesen Theil umgiebt eine hellleuchtende Hülle, in welcher wegen des daselbst unvollständigen Zutritts des Sauerstoffs der Luft vorzugsweise Wasserstoff verbrennt und der ausgeschiedene Kohlenstoff in sehr feiner Zertheilung sich in glühendem Zustande befindet. Der dritte, äusserste Theil ist eine schwach leuchtende Hülle, in welcher der ausgeschiedene Kohlenstoff, indem er mit dem Sauerstoffe der Luft in unmittelbare Berührung tritt, zu Kohlensäure verbrennt. Der in dem mittleren Theile schwebende glühende Kohlenstoff giebt der Flamme ihre Leuchtkraft.

Lichtgewölk der Sonne, s. Art. Sonne.

Lichtmagnet, s. Art. Leuchtstein.

Lichtmesser, s. Art. Photometer.

Lichtsauger, s. Art. Leuchtstein.

Lichtschein um den Kopf, s. Art. Gegensonne und Beatification.

Lichtscheue oder Photophobie ist diejenige Gesichts- oder Augenschwäche, bei welcher das Auge selbst schwache Lichteindrücke nicht gut ertragen kann. Ein schwächerer Grad der Lichtscheue ist die Tagblindheit oder das Nachtsehen, wo das Auge wegen der

grossen Reizbarkeit der Netzhaut helles Tageslicht nicht verträgt, aber bei wenigem Lichte gut sieht.

Lichtschwächungscoefficient oder Extinctionscoefficient giebt an, der wievielte Theil von der Lichtmenge einer bestimmten Farbe bei dem Durchgange dieses Lichtes durch eine als Einheit angenommene Schicht eines lichtdurchlassenden Mittels absorbirt wird. Ist F die auffallende Lichtmenge und geht durch die als Einheit angenommene Dicke des Mittels nur $x . F$ hindurch, so ist x der Lichtschwächungscoefficient. Dieser Coefficient hängt nicht nur von dem durchlassenden Mittel, sondern auch von der Farbe des Lichtes ab. Vergl. Art. Absorption. B. Hierher gehörige Versuche sind früher namentlich von Bouguer, Lambert und Rumford angestellt worden, wobei Letzterer sich seines Photometers bediente.

Lichtstärke, oder Intensität des Lichtes, oder Leuchtkraft, s. Art. Leuchtkraft und Photometer.

Lichtstrahl nennt man den Weg (die Linie), auf welchem sich die Wirkung des Lichtes fortpflanzt. Ein solcher Strahl ist eigentlich als physischer Strahl anzusehen und besteht aus einem Bündel paralleler geometrischer Strahlen.

Lichtträger oder Phosphore sind die phosphorescirenden Körper. Vergl. Art. Phosphorescenz.

Lichtwelle ist die nach der Undulationshypothese (s. d. Art.) den Lichterscheinungen zu Grunde liegende Aetherwelle. Aus der Interferenz des Lichtes (s. Art. Interferenz. B. b.) lässt sich die Wellenlänge der den verschiedenen Farben des Spectrums zugehörigen Lichtstrahlen ermitteln. Bringt man nämlich eine Spalte von bekannter Breite vor das Objectiv des Fernrohres eines Theodoliten und beobachtet das im homogenen Lichte erzeugte Beugungsbild (s. Art. Inflexion. A.), so kann man die Strahlen, welche auf das Objectiv fallen, als unter sich parallel ansehen. An den dunklen Stellen findet nun vollständige Interferenz statt, d. h. der Unterschied der Randstrahlen beträgt an dem der Mitte nächsten dunklen Streifen zwei halbe Wellenlängen, am folgenden deren 4 u. s. f., aber an den hellen Stellen und zwar an der zwischen dem ersten und zweiten dunklen Streifen 3 halbe Wellenlängen, an der folgenden deren 5 etc. Bestimmt man nun den Winkelabstand des ersten dunklen Streifen von der Mitte des Bildes $= \alpha$, so findet man die Neigung der Randstrahlen zur Spaltfläche $= 90 - \alpha$, und ist die Spaltbreite $= b$, so ist also die Wellenlänge $\lambda = b . \sin \alpha$.

Fresnel berechnete hiernach für Roth, welches der Grenze des Spectrums ziemlich nahe liegt, die Wellenlänge $\lambda = 0{,}000638$ Millimeter. Aus den Newton'schen Ringen (s. Art. Farbenringe, Newton's) berechnete er für folgende Farben die Wellenlängen in der Luft und fand:

Farben.	λ in der Luft. Millimeter.	Farben.	λ in der Luft. Millimeter.
AeusserstesRoth	0,000645	Blaugrün	0,000492
Roth	0,000620	Blau	0,000475
Orangeroth	0,000596	Indigoblau	0,000459
Orange	0,000583	Indigo	0,000449
Gelborange	0,000571	Violettindigo	0,000439
Gelb	0,000551	Violett	0,000423
Grüngelb	0,000532	Aeusserstes Violett	0,000406
Grün	0,000512		

Fraunhofer stellte später für die Stellen der dunklen Linien im Spectrum (s. Art. Linien, Fraunhofer'sche) genauere Messungen an und fand folgende Resultate in Millimetern für die dunklen Linien:

B (roth)	0,0006878	F (blaugrün)	0 0004843
C (roth)	0,0006564	G (violett)	0,0004291
D (goldgelb)	0,0005888	H (violett)	0,0003928
E (grün)	0,0005260		

Bei dem Uebergange in ein stärker brechendes Mittel wird die Wellenlänge verkürzt; die Oscillationsdauer bleibt dieselbe. Multiplicirt man die angegebenen Zahlen mit dem umgekehrten Werthe des Brechungsexponenten beim Uebergange aus der Luft in ein anderes Mittel, so erhalten wir die Wellenlänge für dieses Mittel. Denn ist λ die Wellenlänge in der Luft, λ' in dem brechenden Mittel, v die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft und v' in dem anderen Mittel, so ist $\lambda : \lambda' = v : v'$, also $\lambda = \frac{v'}{v}\,\lambda$, wo $\frac{v}{v'}$ der Brechungsexponent aus Luft in dies Mittel ist. — Multiplicirt man die angegebenen Zahlen mit 1,000294, so erhalten wir die Lichtwellenlänge im leeren Raume, da nach Arago's Versuchen $\frac{1}{1,000294}$ der Brechungsexponent des Lichtes aus Luft in den leeren Raum und für alle Farben derselbe ist. Da bei dieser Berechnung Resultate gewonnen werden, welche von den Fraunhofer-schen Zahlen nicht wesentlich abweichen (höchstens um 2 Einheiten der 7. Decimalstelle), so kann man die Fraunhofer'schen Zahlen für den leeren Raum gelten lassen.

Die Wellenlänge der tiefsten Farbe (Roth) ist über 500mal kleiner als die Wellenlänge des höchsten Tones.

Dividirt man die Geschwindigkeit des Lichtes durch die Wellen längen, so erhält man die Schwingungszahlen der verschiedenen Farben. Nimmt man die Geschwindigkeit des Lichtes (s. Art. Licht. B. 6) zu 40150 Meilen à 7420 Meter an, so ergeben sich für das äusserste Roth 462 und für das äusserste Violett 734 Billionen Schwingungen in

einer Secunde. Das Verhältniss der äussersten Lichtschwingungen ist also ungefähr = 1 : 1,59.

Lichtzerstreuung, s. Art. Zerstreuung des Lichtes.

Liderung, das dichte Anschliessen eines Kolbens. S. Art. Kolben. Wegen der Kappen- oder Stulpliderung s. Art. Pumpe.

Limbus bezeichnet einen in Grade eingetheilten Bogen.

Linearperspective, s. Art. Perspective.

Linie, ein Längenmass von $^1/_{12}$ oder $^1/_{10}$ oder $^1/_8$ Zoll Länge. Im ersten Falle führt die Linie den Namen Duodecimallinie, im zweiten Decimallinie, im dritten Werklinie. Vergl. Art. Längenmass.

Linie, caustische, s. Art. Brennlinie.

Linie, elastische, nennt man die krumme Linie, welche die neutrale Schicht eines gebogenen elastischen Körpers annimmt. Wird nämlich ein elastischer Körper (s. Art. Elasticität) gebogen, so erleiden die Längsfasern, aus denen man ihn zusammengesetzt denken kann, auf der Aussenseite der Biegung eine Ausdehnung, auf der Innenseite eine Zusammendrückung, in dem Inneren aber liegt eine Faserschicht, welche überall eine mittlere Spannung erleidet. Diese letztere Schicht nennt man die neutrale Schicht. Die Beschaffenheit der elastischen Linie ist von der Gestalt des gebogenen Körpers, von der Elasticität desselben und von der Zahl, Stärke und Anordnung der biegenden Kräfte abhängig. Vergl. Art. Festigkeit. II.

Linie ohne Abweichung oder Linie ohne Declination heisst die Linie, welche die Orte auf der Erde verbindet, an denen gleichzeitig die Magnetnadel keine Abweichung oder Declination zeigt, d. h. genau mit ihrer Axe von Süden nach Norden zeigt. Wegen des Näheren vergl. Art. Declination der Magnetnadel.

Linie, kaustische, s. Art. Brennlinie.

Linien, Fraunhofer'sche. Richtet man auf eine enge Spalte, durch welche in ein dunkles Zimmer Licht fällt, ein achromatisches Fernrohr, so dass man von derselben ein deutliches Bild erhält, und stellt dann vor dem Objectivglase ein Prisma auf, dessen Kante der Spalte parallel ist, so tritt nach gehöriger Drehung des Fernrohres im Brennpunkte desselben an die Stelle des früheren Spaltbildes das Spectrum und man erblickt nun in demselben eine Menge feiner dunkler Linien und Streifen, die man nach dem Entdecker Fraunhofer'sche Linien nennt. Die Lage der Streifen ist sowohl von dem brechenden Winkel, als auch von dem Stoffe des Prisma unabhängig, aber nach der Lichtquelle verschieden. — Fraunhofer — eigentlich hatte Wollaston diese Linien zuerst (1802) beobachtet und beschrieben — bediente sich (1814) bei seinen Versuchen eines Theodoliten, der in einer Entfernung von 15 bis 20 Fuss von dem Spalte aufgestellt war; vor dem Fernrohre stand das Prisma auf einer drehbaren Scheibe und die aus

demselben austretenden Strahlen erhielten eine Richtung, so dass sie in das Fernrohr in der Richtung der Axe desselben fielen. Bei dieser Einrichtung übersieht man zwar nur einen kleinen Theil des Spectrums, aber sehr scharf, und durch eine kleine Drehung kann man das ganze Spectrum durch das Gesichtsfeld gehen lassen. Neuerdings hat man besondere kleine Apparate construirt, bei welchen das Licht durch eine Spalte in einen ganz geschlossenen, also dunklen Kasten fällt, in welchem das drehbare Prisma steht und an dessen einer Seite das Fernrohr angebracht ist. Diese Apparate werden namentlich zu der sogenannten Spectralanalyse (s. d. Art.) benutzt. — Fraunhofer beobachtete über 570 dunkle Linien im Spectrum, welche über dieses unregelmässig vertheilt waren, aber immer in derselben Anordnung lagen. Bei stärkerer Vergrösserung nimmt man noch weit mehr (unzählige) Linien wahr. Die Wichtigkeit dieser Linien für die Lichtbrechung veranlasste Fraunhofer, einige leicht erkennbare Streifen besonders zu bezeichnen. *A* nannte er einen einfachen, ziemlich breiten Streifen nahe am rothen Ende; *B* ein Streifenpaar ebenfalls noch in Roth, dessen nach *A* gewandter Streifen am feinsten ist; *a* eine zwischen *A* und *B*, aber *A* näher liegende ziemlich breite Streifengruppe; *C* einen einfachen dunklen Streifen an der Grenze von Roth gegen Orange; *D* ein Paar gleicher Streifen an der Grenze von Orange und Gelb; *E* eine Gruppe von Streifen in der Mitte von Grün; *b* eine Streifengruppe nahe bei *E* und noch im Grünen; *F* einen dicken dunklen Streifen im Blauen; *G* eine ziemlich breite Gruppe an der Grenze von Indigo und Violett und *H* eine ebensolche im Violetten. Fraunhofer bestimmte namentlich die Brechungsexponenten der von ihm bezeichneten Streifen und berechnete die Wellenlänge des Lichtes an diesen Stellen (s. Art. Lichtwelle). — Das Licht der Venus und des Mars zeigt dieselben Linien wie das der Sonne; das der Fixsterne, z. B. des Sirius, ist abweichend, ebenso das electrische Licht. — Bringt man in eine Spiritusflamme verschiedene Stoffe, so erleiden die Fraunhofer'schen Linien Veränderungen, aus denen man wieder rückwärts auf das Vorhandensein der Stoffe schliessen kann. Hierüber vergl. wegen des Näheren Art. Spectralanalyse.

Linien, isobarische oder isobarometrische, vergl. Art. Isobarisch.

Linien, isochromatische, heissen die Linien gleicher Farbenstufe bei den Farbenerscheinungen im polarisirten Lichte.

Linien, isoclinische oder isoklinische, vergl. Art. Isoclinisch und Neigung der Magnetnadel.

Linien, isodynamische, s. Art. Isodynamisch und Magnetismus der Erde.

Linien, isogeothermische oder Isogeothermen, s. Art. Isogeothermen.

Linien, isogonische, s. Art. Isogonisch und Declination der Magnetnadel.

Linien, isothermische oder Isothermen, s. Art. Isothermen.

Linse im Auge, s. Art. Auge.

Linse, dioptrische oder sphärische, s. Art. Linsenglas.

Linse, vielzonige, ist ein grosses Linsenglas, welches aus einzelnen Glasstücken zusammengesetzt ist. Auf Leuchtthürmen werden solche Combinationen verwendet.

Linsencombination nennt man eine Vereinigung hintereinander gestellter Linsengläser von grösserer Brennweite anstatt einer einzigen Linse von kleiner Brennweite. Dergleichen Combinationen werden bei den Mikroskopen und zum Theil bei den Loupen verwendet (s. Art. Loupe).

Linsenglas oder dioptrische oder sphärische Linse heisst jede kleine gläserne oder überhaupt durchsichtige Tafel, deren eine Fläche eben und die andere ein Abschnitt von einer Kugelfläche ist, oder deren beide Flächen Abschnitte von Kugelflächen sind. Gewöhnlich sind die Linsen kreisrund begrenzt, doch ist dies nicht wesentlich: jedenfalls muss aber die Kreisfläche, welche durch den Durchschnitt beider Oberflächen bestimmt wird, auf der die Mittelpunkte beider Kugeln verbindenden Geraden senkrecht stehen. Ist dies der Fall, so ist die Linse richtig centrirt. — Man unterscheidet sechs Linsenformen und zwar drei convexe oder erhabene und drei concave oder hohle. Die convexen Linsen haben das Gemeinsame, dass sie von der Mitte nach dem Rande zu dünner werden, während bei den concaven Linsen das Umgekehrte der Fall ist. Ist eine convexe Linse auf einer Fläche eben, so heisst sie planconvex; ist sie auf beiden Flächen convex, so convex-convex; ist sie auf einer Fläche convex und auf der anderen concav, in welchem Falle der Radius der concaven Fläche grösser ist als derjenige der convexen, so concav-convex. Ist eine concave Linse auf einer Fläche eben, so heisst sie planconcav; ist sie auf beiden Flächen concav, so concav-concav; ist sie auf einer Fläche concav und auf der anderen convex, in welchem Falle der Radius der convexen Fläche grösser ist als derjenige der concaven, so convex-concav. Convexlinsen nennt man auch Sammelgläser oder Sammellinsen, und Concavlinsen Zerstreuungsgläser oder Zerstreuungslinsen. Concav-convexe Linsen heissen auch Menisken. Sind beide Flächen Kugelabschnitte, so nennt man die Linie, welche die beiden Kugelmittelpunkte verbindet, die Axe der Linse; ist die eine Fläche eben, so versteht man darunter die Linie, welche von dem Kugelmittelpunkte der anderen Fläche aus auf dieser senkrecht steht. Bedeckt man die Linse mit einem undurchsichtigen Körper (Blendung, Diaphragma) oder fasst man dieselbe in

einen solchen, so dass nur um die Axe herum eine kreisförmige Oeffnung bleibt, so nennt man diese Oeffnung vorzugsweise die Oeffnung oder die Apertur der Linse.

A. In jeder Linse giebt es auf der Axe, die stets durch den Mittelpunkt der Linse gehen muss, einen Punkt, den optischen Mittelpunkt, welcher die Eigenschaft besitzt, dass jeder durch ihn gehende Lichtstrahl parallel dem auf der Vorderfläche einfallenden Strahle auf der Hinterfläche austritt, so dass man bei nicht zu bedeutender Dicke der Linse einen solchen Strahl als ungebrochen durchgehend ansehen kann. Einen durch den optischen Mittelpunkt gehenden Strahl nennt man einen Hauptstrahl. Ist der Radius der Vorderfläche R, der Hinterfläche r, die auf der Axe gemessene Dicke des Glases d, so ist der Abstand des optischen Mittelpunktes von der Vorderfläche $x = \frac{dR}{R + r}$. Man erhält den optischen Mittelpunkt, wenn man von dem Mittelpunkte der einen Fläche nach derselben eine beliebige Strecke und von dem Mittelpunkte der anderen Fläche nach dieser mit jener eine parallele Strecke zieht. Die Strecke, welche beide Flächenpunkte verbindet, schneidet die Axe in dem optischen Mittelpunkte. Dann erhält man für eine convex-convexe Linse $R : r = R - x : r - d + x$ und für eine concav-concave Linse $R : r = R + x : r + d - x$. Beide Proportionen geben $d : x = R + r : R$.

B. Brechung in Linsen, wenn das Licht von einem Punkte auf der Axe ausgeht. a) Convexlinsen. 1) Fällt auf eine Convexlinse, deren Apertur höchstens 10 bis 12 Grad beträgt, Licht von einem auf der Axe liegenden Punkte, und nennen wir den Halbmesser der Vorderfläche R, der Hinterfläche r, den Brechungsexponenten n, den Abstand des leuchtenden Punktes von der Linse a und den des Vereinigungspunktes der Lichtstrahlen nach dem Durchgange α, so ist

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = (n - 1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) \text{ oder } \alpha = \frac{Rr}{(n-1)(R+r) - \frac{Rr}{a}},$$

da man wegen der Kleinheit der Winkel, welche in Folge der geringen Apertur die auffallenden und gebrochenen Strahlen mit den Einfallslothen, d. h. hier mit den betreffenden Radien bilden, statt der Sinus und statt der Tangenten die Winkel selbst setzen kann, auch gestattet ist, die kleinen von dem Einfallspunkte des auffallenden Strahles und dem Einfallspunkte des austretenden Strahles zur Axe gehenden Bogen als gerade und gleich grosse Strecken anzunehmen.

2) Ist die Entfernung des leuchtenden Punktes unendlich gross, so vereinigen sich die von ihm auffallenden Strahlen hinter der Linse in

einem Punkte, und zwar in der Entfernung $f = \frac{Rr}{(n-1)(R+r)}$, welche man die **Brennweite** der Linse nennt. Es ist dann $\frac{1}{\alpha} = 0$. Zu bemerken ist allerdings, dass eigentlich nicht ein Brenn**punkt**, sondern nur ein Brenn**raum** entsteht, da die unter 1) gemachten Annahmen bei der Ableitung nicht streng zulässig sind. Je mehr indessen die Annahmen zulässig werden, desto kleiner wird der Brenn**raum** werden und sich um so mehr einem Brennpunkte nähern. Ist $R = r$, so wird $f = \frac{R}{2(n-1)}$. Ist $r = \infty$, so wird $f = \frac{R}{n-1}$, d. h. die Brennweite einer planconvexen Linse ist doppelt so gross als die einer Linse, bei welcher beide Flächen dieselbe Krümmung haben, wie die convexe Fläche der planconvexen Linse. Ist r negativ, d. h. die Linse concav-convex, also auch r grösser als R, so wird $f = \frac{Rr}{(n-1)(r-R)}$, also grösser als bei der convex-convexen Linse mit denselben Krümmungen.

3) Aus No. 1 und 2 folgt unmittelbar, wenn man in die Gleichung unter No. 1 den Werth f einsetzt, $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{f}$, d. h. **die Summe aus den reciproken Werthen der Vereinigungsweiten ist gleich dem reciproken Werthe der Brennweite.** — Da hiernach $\alpha = \frac{f}{1 - \frac{f}{a}}$ ist, so ergiebt sich $\alpha = \infty$ für $a = f$, d. h. die von dem Brennpunkte ausgehenden Strahlen schneiden sich erst in unendlicher Entfernung, d. h. sie gehen parallel mit der Axe aus der Linse heraus. Ebenso folgt $\alpha = 2f$ für $a = 2f$, d. h. die aus der doppelten Brennweite ausgehenden Strahlen vereinigen sich auf der andern Seite in demselben Abstande von der Linse. Ist $a > 2f$, so ist $\alpha < 2f$, aber $> f$, d. h. die Strahlen, welche aus einer Entfernung, welche grösser als die doppelte Brennweite ist, von der Axe ausgehen, vereinigen sich auf der anderen Seite in einem Abstande von der Linse, welcher grösser als die Brennweite, aber kleiner als die doppelte Brennweite ist, und zwar liegt der Vereinigungspunkt dem Brennpunkte um so näher, je weiter der Ausgangspunkt entfernt ist. Es wird $\alpha = f$ für $a = \infty$, d. h. Strahlen, welche parallel mit der Axe auffallen, vereinigen sich in dem Brennpunkte. Ist $a > f$, aber kleiner als $2f$, so ist $\alpha > 2f$ und umsomehr, je weniger a grösser als f ist, d. h. Strahlen, welche von einem Punkte ausgehen, welcher weiter von der Linse

absteht als ihre Brennweite, aber noch nicht um das Doppelte derselben, vereinigen sich in einem Punkte auf der Axe hinter der Linse, welcher weiter als die doppelte Brennweite entfernt ist und um so weiter, je näher der Ausgangspunkt dem Brennpunkte liegt. Ist $a < f$, so wird α negativ und sein absoluter Werth ist um so grösser, je weniger a von f verschieden ist, d. h. Strahlen, welche von einem Punkte innerhalb der Brennweite ausgehen, vereinigen sich scheinbar, d. h. scheinen aus einem Punkte zu kommen, welcher auf derselben Seite der Linse wie der Ausgangspunkt liegt, und derselbe liegt in um so grösserer Entfernung, je näher der Ausgangspunkt sich am Brennpunkte befindet.

b) Concavlinsen. 1) Bei derselben Bezeichnung wie bei Convexlinsen erhält man für Concavlinsen, wenn der leuchtende Punkt auf der Axe liegt und dieselben Einschränkungen gemacht werden, durch eine ganz gleiche Ableitung oder wenn man R und r negativ setzt:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = -(n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right).$$

2) Die Brennweite einer Concavlinse ist negativ, also auch der Brennpunkt, d. h. die durchgegangenen Strahlen scheinen, wenn sie von einem unendlich weit entfernten Punkte ausgegangen sind, von einem Punkte vor der Linse herzukommen. Man erhält nämlich, wenn $a = \infty$ ist, α oder $f = -\frac{Rr}{(n-1)(R+r)}$. Es gelten auch hier dieselben Einschränkungen über den Brennraum, wie bei den Convexlinsen; ebenso ist die Grösse der Brennweite für $R = r$, $r = \infty$ und für die convex-concaven Linsen in gleicher Weise bestimmt, wie bei Convexlinsen.

3) Die Vereinigungsweite der gebrochenen Strahlen ist bei einer Concavlinse stets negativ, der Vereinigungspunkt liegt also stets vor der Linse, und auch hier ist die (arithmetische) Summe aus den reciproken Werthen der Vereinigungsweiten gleich dem reciproken Werthe der Brennweite, oder $\frac{1}{a} - \frac{1}{\alpha} = -\frac{1}{f}$. — Hieraus folgt, dass α stets kleiner als a ist, d. h. dass der Vereinigungspunkt stets näher an der Linse liegt als der Ausgangspunkt, und zwar stets zwischen der Linse und dem Brennpunkte, da $\alpha = \frac{f}{1 + \frac{f}{a}}$ ist.

4) Für Convexlinsen und Concavlinsen ist die Brennweite die mittlere Proportionale zwischen den arithmetischen Differenzen der Vereinigungsweiten und der Brennweite, d. h. für Convexlinsen ist $(a - f) : f = f : (a - f)$ und für Concavlinsen $(a + f) : f = f : (a + f)$.

C. Brechung in Linsen, wenn das Licht von einem Punkte ausserhalb der Axe ausgeht. Fällt auf eine Linse Licht, welches von einem ausserhalb der Axe liegenden Punkte ausgeht, so gelten mit Bezug auf den Hauptstrahl (s. A.) dieselben Gesetze, wie für die von einem auf der Axe liegenden Punkte herkommenden Strahlen. — Es ergiebt sich dies durch eine sehr einfache mathematische Ableitung mittelst Proportionen.

D. Wirkung der Linsen, wenn das Licht von einem Gegenstande ausgeht. Fällt von einem Gegenstande Licht auf eine Linse, so ist für jeden Punkt desselben die Vereinigungsweite zu suchen. Im Allgemeinen findet man Art, Grösse und Stellung des Bildes, wenn man die Vereinigungspunkte der von den äussersten Punkten des Gegenstandes ausgehenden Strahlen bestimmt. — Für die mathematische Bestimmung legt man die in B. und C. gefundenen Gesetze zu Grunde. Graphisch, d. h. mittelst Zeichnung findet man das Bild, wenn man die Durchschnittspunkte der Hauptstrahlen und der parallel mit der Axe auffallenden, also nach der Brechung durch den Brennpunkt gehenden bestimmt. Die Resultate sind im Allgemeinen folgende: Eine Concavlinse giebt stets ein kleines Bild in der Stellung des Gegenstandes innerhalb der vorderen Brennweite und um so kleiner und dem Brennpunkte um so näher, je weiter ab der Gegenstand steht. Bei den Convexlinsen ist es verschieden: Von einem Gegenstande in sehr grosser Entfernung erhält man ein kleines Bild in umgekehrter Stellung ausserhalb der Brennweite und sehr nahe am Brennpunkte hinter der Linse; steht der Gegenstand näher, aber noch ausserhalb der doppelten Brennweite, so ist das Bild ebenfalls in umgekehrter Stellung ausserhalb der hinteren Brennweite, aber noch nicht in der doppelten Entfernung derselben, kleiner als der Gegenstand und zwar umsomehr, je weiter derselbe entfernt ist, dann zugleich dem Brennpunkte näher, als bei geringerer Entfernung; steht der Gegenstand in doppelter Entfernung der Brennweite, so ist das Bild in umgekehrter Stellung hinter der Linse in einer Entfernung gleich der doppelten Brennweite und von derselben Grösse wie der Gegenstand; steht der Gegenstand zwischen der einfachen und doppelten Brennweite, so ist das Bild in umgekehrter Stellung hinter der Linse in grösserer Entfernung und grösser als der Gegenstand und zwar Beides umsomehr, je näher der Gegenstand dem Brennpunkte steht; befindet sich der Gegenstand in dem Brennpunkte, so erhält man gar kein Bild, weil dasselbe in unendlicher Entfernung von der Linse liegen würde; steht der Gegenstand innerhalb der Brennweite, so erblickt man ein Bild auf der Seite des Gegenstandes, in der Stellung desselben und um so grösser, je näher der Gegenstand am Brennpunkte sich befindet. —

Die Bilder der Concavlinsen sind stets und bei den Convexlinsen diejenigen, welche auf der Seite des Gegenstandes zu Stande kommen,

geometrische, d. h. nur durch scheinbare Vereinigung der durch die Linse gegangenen Lichtstrahlen entstandene; die Bilder der Convexlinsen auf der hinteren Seite der Linse sind physische, durch wirkliche Vereinigung der durch die Linse gegangenen Lichtstrahlen gebildet und daher auch auf einer Fläche auffangbar. — Die geometrischen Bilder haben stets dieselbe Stellung wie das Object, die physischen die umgekehrte.

Convexspiegel wirken wie Concavlinsen, Concavspiegel wie Convexlinsen (s. Art. Spiegel).

E. Wirkung der Linsen, wenn das von einem Gegenstande ausgegangene Licht bereits eine Linse durchdrungen hat, oder von einem sphärischen Spiegel reflectirt worden ist und dann wieder auf eine Linse trifft. a) Fallen Lichtstrahlen, welche bereits durch eine Linse hindurchgegangen oder von einem sphärischen Spiegel reflectirt sind und ein geometrisches Bild erzeugt haben, auf eine Linse, so wirken sie, als ob das Bild ein Object wäre. Dasselbe ist der Fall, wenn die Lichtstrahlen ein physisches Bild erzeugen und dies sich noch vor der Linse befindet. — Dies Ergebniss ist an sich klar, da das Bild eben wie ein Object wirkt.

b) Wird das Zustandekommen eines physischen Bildes, welches eine Linse oder ein sphärischer Spiegel erzeugt haben würde, durch eine eingeschobene Convexlinse verhindert, so entsteht hinter dieser ein kleineres physisches Bild in derselben Stellung, welche das gestörte haben würde, und zwar ist es um so kleiner, je weiter die eingeschobene Linse von der Stelle des gestörten Bildes entfernt ist. Wird hingegen eine Concavlinse eingeschoben, so sind drei Fälle zu unterscheiden.

1) Steht die Linse so, dass die Stelle, welche das Bild eigentlich einnehmen würde, mit dem hinteren Brennpunkte zusammentrifft, so entsteht gar kein neues Bild.

2) Würde das Bild innerhalb der hinteren Brennweite der Linse seine Stelle haben, so entsteht hinter der Linse ein grösseres physisches Bild in derselben Stellung, welche das Bild haben würde.

3) Steht die Linse weiter ab von der Stelle des Bildes, als ihre Brennweite beträgt, so erhält man ein geometrisches Bild vor der eingeschobenen Linse in der umgekehrten Stellung des gestörten Bildes und zwar um so grösser, je weniger das Bild ausserhalb der Brennweite sein würde.

Um sich von diesen Erfolgen zu überzeugen, braucht man nur zu bestimmen, welchen Gang der Hauptstrahl und der mit der Axe der eingeschobenen Linse parallele Strahl, die zu demselben Punkte des gestörten Bildes gehören, nehmen. — Werden zwei oder mehrere Convexlinsen von grösserer Brennweite anstatt einer einzigen von kleinerer

Brennweite hinter einander gestellt, so nennt man dies eine Linsen-combination. Hierüber vergl. Art. Loupe.

F. Sphärische Abweichung. Aplanatismus. Die genaue Vereinigung der von einem Punkte ausgegangenen Lichtstrahlen nach der Brechung in der Linse wieder in einem Punkte ist, wie wir unter B. gesehen haben, von Bedingungen abhängig, die in aller Schärfe nicht zu erfüllen sind. Nur die in gleichem Abstande von der Axe auf die Linse treffenden Lichtstrahlen werden sich in demselben Punkte vereinigen. Der Vereinigungspunkt wird um so näher an der Linse liegen, in je grösserem Abstande von der Axe die Strahlen auffallen. Man nennt diese unvollkommene Vereinigung die sphärische Abweichung. Eine Folge derselben ist die mehr oder minder grosse Undeutlichkeit der durch sphärische Linsen erzeugten Bilder. Um diese Abweichung möglichst zu verringern, giebt man den Linsen eine möglichst kleine Apertur; aber dadurch wird wieder das Gesichtsfeld und die Lichtmenge beeinträchtigt, und daher hat man auf andere Mittel Bedacht genommen. Bei concav-convexen Linsen ist die sphärische Abweichung am unbedeutendsten und für möglichst entfernte Objecte, wenn ihnen die stärker gekrümmte Fläche der Linse zugewendet wird, bei richtig gewählten Krümmungen der Flächen, die sich durch Rechnung unter bestimmten Voraussetzungen ermitteln lassen, gänzlich aufgehoben. Dergleichen Linsen nennt man aplanatische (s. Art. Aplanatisch). Durch Combination verschiedener Linsen kann man noch vollständigeren Aplanatismus erreichen.

G. Wegen der chromatischen Abweichung, welche farbige Säume bei den durch Linsengläser erzeugten Bildern zur Folge hat, vergl. Art. Chromatische Abweichung und wegen der Mittel, diese üble Wirkung zu beseitigen, Art. Achromatismus, namentlich aber Art. Fernrohr. III.

H. Prüfung der Linsengläser. Eine gut centrirte Linse muss in jedem Kreise, dessen Mittelpunkt in die Axe fällt, durchaus gleich dick sein. Die Prüfung hierauf geschieht mit dem sogenannten doppelten Fühlhebel. Ein solches Instrument besteht aus zwei neben einander befindlichen ungleicharmigen zweiarmigen Hebeln, die gleichsam eine Zange bilden, deren längere Schenkel durch eine zwischen liegende Feder auseinander gehalten werden, so dass die kürzeren dadurch einen Druck gegeneinander erhalten. Zwischen die kürzeren Schenkel, welche die Backen der Zange vorstellen, kommt die Linse, während die längeren sich über einer Scala befinden. Ist die Linse in eine Drehbank so eingespannt, dass ihre Axe in die Drehungsaxe der Spindel fällt, und wird sie langsam um diese Axe gedreht, so zeigt die Bewegung der längeren Hebelarme die geringste Ungleichheit der Linse an, während dieselben bei einer centrirten Linse vollkommen ruhig bleiben.

Die Brennweite einer Linse kann man finden, sobald der Brechungsexponent des Linsenkörpers und die Halbmesser der Krümmungen bekannt sind. Hierzu dienen die in B. a. 2 und B. b. 2 gefundenen Formeln. Kennt man diese Grössen oder auch nur eine nicht, so verfährt man auf folgende Weise. Auf einem Massstabe werden zwei senkrechte gleich hohe Säulchen aufgerichtet, von denen das eine feststeht und ein flaches Scheibchen trägt, das andere verschiebbar ist, durch eine Stellschraube sich feststellen lässt und die zu untersuchende Linse trägt. Lässt man nun auf die Linse von einem sehr weit entlegenen Gegenstande Licht fallen, so kann man es durch Verschiebung des Linsensäulchens dahin bringen, dass man auf dem Scheibchen ein reines und möglichst deutliches Bild des Gegenstandes erhält. Der Abstand beider Säulchen giebt dann die Brennweite. Hierbei ist angenommen, dass die Linse convex war. Bei einer concaven Linse bedeckt man diese mit Papier, zieht auf diesem einen Durchmesser und bringt in demselben in gleichem Abstande von dem Mittelpunkte zwei Löcher an. Lässt man auf eine solche Linse Sonnenstrahlen fallen, so gehen diese so durch die kleinen Löcher, als ob sie von dem negativen Brennpunkte herkämen; fängt man daher mit einem Stabe oder mit einer Scheibe die beiden durchgegangenen Strahlen auf, misst ihren gegenseitigen Abstand und die Entfernung des Stabes oder der Scheibe von der Linse, so erhält man die zur Berechnung der Brennweite nöthigen Bestimmungsstücke. Ist nämlich die Entfernung des Stabes von der Linse $= e$, der Abstand der beiden hellen Punkte auf der Scheibe, welche der Ebene parallel sein muss, die durch den Rand der Linse gelegt ist, $= g$, der Abstand der beiden kleinen Löcher von einander $= h$, und f die Brennweite, so ist $g : h = e + f : f$, also $f = \frac{eh}{g - h}$. — Noch genauere Methoden zur Bestimmung der Brennweite haben Merz, Stampfer und Maskelyne angegeben, doch müssen wir uns hier mit dieser Notiz begnügen.

I. Anwendung der Linsengläser. Wegen der vielfachen Anwendung der Linsengläser sind die betreffenden Artikel nachzusehen, z. B. Brennglas, Brille, Camera obscura, Fernrohr, Leseglas, Loupe, Mikroskop, Zauberlaterne. Hier erwähnen wir nur noch die Anwendung der Linsengläser statt der Reflectoren auf Leuchtthürmen. Licht, welches von dem Brennpunkte ausgeht, tritt aus einer Convexlinse der Axe parallel heraus. Dies benutzte Fresnel, um das Licht der Leuchtthürme möglichst horizontal zu richten, indem er Linsengläser aus Zonen zusammensetzte. In gleicher Höhe mit der Flamme stehen rings um dieselbe linsenförmig geschliffene Gläser, so dass die Flamme sich in dem Brennpunkte derselben befindet; unterhalb und oberhalb dieser Zone liegen ebenfalls aus Glasstücken zu-

sammengesetzte Zonen. Diese Nebenzonen bestehen aus grossen gekrümmten Prismen, so dass bei den unteren Zonen der brechende Winkel nach unten, bei den oberen nach oben liegt, und der auf der Seite, welche der Flamme zugewendet ist, einfallende Strahl auf der entgegengesetzten Seite horizontal austritt.

Linsenkapsel im Auge (s. Art. Auge) schliesst die Krystalllinse ein.

Linsenpyrheliometer ist ein von Pouillet construirtes Pyrheliometer (s. d. Art.), welches aus einer Linse von 0,24 bis 0,25 Meter Oeffnung und einer Brennweite von 0,6 bis 0,7 Meter besteht, in deren Brennpunkte sich ein Gefäss von Silber oder plattirtem Silber mit ungefähr 600 Gramm Wasser befindet. Die Form des Gefässes und die Stellung der Linse sind so gewählt, dass die Strahlen für jede Höhe der Sonne senkrecht einfallen, sowohl auf die Linse, als auch auf die zu ihrer Auffangung und Absorption bestimmte Seite des Gefässes. Das Instrument dient zur Bestimmung der Aktine (s. d. Art.).

Lippenpfeife, s. Art. Labialpfeife.

Liquefaction, } Ueberführung eines luftförmigen Körpers in den
Liquidification, } tropfbarflüssigen Zustand, wofür man sonst auch Condensation gebraucht.

Liquidität bezeichnet den Zustand des Tropfbarflüssigseins.

Liter heisst das in Frankreich im Verkehr gewöhnliche Hohlmass von einem Cubikdecimeter Inhalt. Dasselbe hält 55,89367 preuss. Cubikzoll oder fast 7/8 preuss. Quart. Vergl. Art. Körpermass.

Lithophanie nennt man eine Porcellantafel, welche im durchscheinenden Lichte irgend eine bildliche Darstellung zeigt. Die helleren Stellen dieser Bilder sind an schwächeren, die dunklen an stärkeren Stellen der Tafel, so dass an jenen das Licht in stärkerem Masse als an diesen durchdringen kann. Dergleichen Tafeln werden nach einem Modelle auf einer Wachsscheibe hergestellt, von welcher ein Abguss in Gyps genommen wird, in dem dann die Porcellanscheibe geformt wird.

Lithurgik, s. Art. Mineralogie.

Litrameter, s. Art. Hygroklimax.

Lochsirene ist eine Sirene (s. d. Art.), bei welcher die Töne erzeugt werden durch die Unterbrechung eines durch Löcher gehenden Luftstromes.

Locomotive oder Dampfwagen nennt man eine bewegliche (locomobile) Dampfmaschine, die bestimmt ist, auf einer Eisenbahn sich selbst und eine mit ihr verbundene Wagenreihe fortzuziehen. Locomotiven für gewöhnliche Strassen nennt man speciell Strassen-Locomotiven. Den Gedanken, Wagen durch Dampf in Bewegung zu setzen, hat, wie es scheint, Dr. Robinson zu Edinburg 1759 zuerst ausgesprochen. Die ersten Locomotiven dürfte Cugnot zu Paris um 1773 gebaut haben; aber dieselben waren so unvollkommen, dass sie

ohne eigentliche Verwendung blieben. Der Hindernisse, die überwunden werden mussten, waren aber auch fast zu viele. Die ganze Maschine war auf den beschränkten Raum eines Wagens zu bringen; den Kessel einzumauern, daran war nicht zu denken; wie wollte man einen zur Hervorbringung des nöthigen Luftzugs ausreichenden Schornstein anbringen? etc. Die Maschine zu vereinfachen, das war die Hauptaufgabe, wenn man auch einen zweiten Wagen zum Transporte des Brennmaterials und des Speisewassers (den Tender) noch ausserdem benutzen wollte. Durch die Erfindung der Hochdruckmaschine (s. Art. Dampfkessel) geschah ein grosser Schritt zur Annäherung an das Ziel. Die Hochdruckmaschine bedarf keines Condensators und ihre Cylinder sind bei grosser Kraftentwickelung verhältnissmässig klein, so dass sie die geringsten Ansprüche auf räumliche Ausdehnung macht. Trevithick und Vivian (s. Art. Dampfmaschine) sind also die eigentlichen Erfinder der Dampfwagen, auf die sie auch in ihrem Patente 1802 hinzielten. Im Jahre 1804 baute auch Trevithick in South-Wales einen Dampfwagen, mit welchem Versuche auf eisernen Gleisen angestellt wurden; jedoch kamen sie erst 1811 durch Blenkinsop bei Leeds mehr in Aufnahme, indem er eine gezahnte Schiene verwendete, in welche ein gezahntes Treibrad eingriff. Alle Schritte zur Vervollkommnung können wir hier nicht verfolgen. Erst 1825 war eine gewisse Vollkommenheit erreicht und zwar durch die Construction des Röhrenkessels (s. Art. Dampfkessel, und zwar Locomotivkessel), den Stephenson zuerst mit 25 Röhren von 3 Zoll Weite ausführte.

Der Röhrenkessel befindet sich auf einem Rahmen, der aus zwei hölzernen, mit Eisenblech bekleideten oder ganz aus starkem Eisenbleche bestehenden Langschwellen und zwei Querschwellen zusammengesetzt ist und eine solche Länge hat, dass vor der Heizthür noch eine kleine Gallerie zur Aufnahme des Heizers und Locomotivführers Platz findet. Die Enden der Langschwellen sind mit Puffern versehen, um bei einem Zusammenstosse die Wirkung zu schwächen, und überhaupt dienen sie den anderen Theilen der Locomotive, z. B. den Rädern, als Stützpunkte.

Die Räder, deren mindestens 4 vorhanden sind und von denen zwei als Treibräder, die anderen als Trag- oder Fahrräder dienen, sind an den Axen fest und die Axen bewegen sich in messingenen Büchsen, auf welchen der Rahmen ruht. Der Radreif oder Radkranz ist mit einem auf der Innenseite hervorstehenden Spurkranze zum Zurückhalten der Räder auf den Schienen versehen. Der Radkranz ist conisch mit nach aussen liegender Verjüngung, weil die Dampfwagen sonst keine Krümmungen auf den Schienen durchlaufen können. Die auf der Axe feststehenden Räder müssen sich nämlich gleichzeitig drehen; wäre nun eine gekrümmte Stelle einer Bahn zu durchlaufen, so würde das Rad auf der äusseren Schiene einen grösseren Weg in derselben Zeit

zurücklegen müssen, als das auf der inneren Schiene, was bei cyli
schen Radkränzen unmöglich wäre. Bei conischen Radkränzen läuf
äussere Rad näher an dem Spurkranze als das innere, weil die Schw
kraft die ganze Locomotive nach aussen drängt, und da die Perip
in der Nähe des Spurkranzes grösser ist. so legt das äussere Rad in
That einen grösseren Weg in derselben Zeit — bei einer Axe
drehung — zurück, als das innere.

Die Treibräder haben jetzt in der Regel ausserhalb
Kurbel und auf der Axe die Büchsen. Hierbei bleibt die Axe ge
und erhält dadurch eine grössere Festigkeit, als es früher der Fall
wo diese zweimal gekröpft — mit Krummzapfen versehen — we
musste. Im letzteren Falle lagen die Axenbüchsen entweder
der Aussenseite des Rades, oder innen zwischen Rad und Kru
zapfen. Die Cylinder liegen, den äusseren Kurbeln entsprech
jetzt durchweg ausserhalb, während sie früher auf der Innenseite
Räder ihre Stelle hatten.

Die Axenbüchse wird von Druckfedern gehalten und kann
zwischen den Axenhaltern auf- und niederschieben. Hierdurch we
Erschütterungen abgeschwächt, da jede solche des Rades erst durch
Feder hindurch gehen muss, ehe sich ihre Wirkung dem Gestelle
theilen kann.

In Betreff des Kessels, der im Art. Dampfkessel näher a
geben ist, machen wir hier nur noch darauf aufmerksam, dass unter
Roste an der nach vorn liegenden Seite des Aschenfalles eine Kl
angebracht ist, deren Stellung der Locomotivführer in seiner Gewalt
Ist diese Klappe geöffnet, so wird auch bei windstillem Wetter d
die Bewegung der Locomotive ein durch den Rost gehender Luftzug
anlasst. Zur Regulirung des Feuers ist diese Klappe mithin von we
lichem Nutzen, und dient dieselbe im Verein mit einem in der Se
wand der Rauchkammer angebrachten Schieber besonders, die Da
entwickelung zu beschleunigen oder zu mässigen. Ferner sei noch
merkt, dass zur Vermeidung von Feuersgefahr in Folge von brenne
Kohlen, die der heftige Luftzug aus dem Schornsteine herausw
könnte, die Schornsteinmündung eine siebartige metallene Decke er
Namentlich bei Holzfeuerung ist eine derartige Vorkehrung durc
nothwendig.

Der zur lebhaften Verbrennung nöthige Luftzug wird — da
Schornstein durch seine Höhe diesen nicht erzielen kann — einer
durch die bereits erwähnte Klappe bei dem Roste hervorgebracht
dererseits und zwar hauptsächlich durch das sogenannte Blaser
Der Dampf entweicht aus dem Cylinder, nachdem er daselbst
Dienste gethan hat, unter dem Schiebeventile hinweg durch ein
in den Schornstein. Dies Rohr ist das Blaserohr. Durch die Ge
mit welcher der hochgespannte Dampf entweicht, veranlasst er

Strom durch den Schornstein und das hinter ihm entstehende Vacuum zwingt die Luft aus dem Feuerraume durch die Kesselröhren nachzuströmen, um den leeren Raum wieder auszufüllen.

Die Cylinder sind an der Seite des Kessels in doppelter Zahl angebracht. Die Kolbenstange hat ihre Geradführung in einem Rahmen und an ihr ist eine Pleuelstange eingelenkt, welche in die Kurbel des einen Treibrades eingreift. Die Kurbeln der beiden Treibräder stehen unter rechten Winkeln zu einander, wodurch das bei stehenden Maschinen zur Ueberwindung der todten Punkte nöthige Schwungrad entbehrlich gemacht wird. Steht nämlich die eine Kurbel in dem todten Punkte, so äussert die andere zu gleicher Zeit ihre volle Wirkung. An der Kolbenstange ist ausserdem die Pumpenstange der Speisepumpe befestigt, die also mit jener immer dieselbe Bewegung macht. — Die Schieberstange des Schiebeventils vermittelt die Steuerung mittelst zweier kreisförmigen excentrischen Scheiben, welche auf der Axe der Treibräder eine entgegengesetzte Lage haben. Jedes Excentric hat eine Stange und durch ein Hebelwerk kann der Maschinist die eine oder die andere dieser gleichlangen Stangen mit der Schieberstange in Verbindung setzen. Denken wir uns eine Kurbel aufrecht stehend und den Dampf so in den Cylinder tretend, dass die Kurbel nach vorn gezogen wird, so muss die Locomotive vorwärts gehen; wird nun bei dieser Stellung der Kurbel die Excentricstange mit der Schieberstange verbunden, so rückt das Schiebeventil so, dass der Dampf auf der entgegengesetzten Seite in den Cylinder tritt, also die Kolbenstange rückwärts treibt. Es muss also jetzt die Locomotive rückwärts gehen. Diese Umsteuerung zuverlässig zu machen, dient die sogenannte Stephenson'sche Coulisse, d. h. ein beweglicher Rahmen, welcher die Enden der Excentricstangen verbindet und zwischen welchem die mit zwei Knöpfen versehene Schieberstange gleiten kann, so dass die eine oder die andere Excentricstange in ihre Richtung gebracht werden kann. Diese Coulisse gewährt überdies den Vortheil, den Dampf durch Expansion wirken zu lassen, da man die Excentricstangen in beliebige Lagen zu bringen und so die Verschiebung des Schiebeventils kleiner zu machen in Stand gesetzt wird. Der Maschinist hat somit in der Coulisse eins der Mittel, die Kraft der Maschine zu verstärken oder zu schwächen. Das Umsteuern kann selbstverständlich nicht sofort geschehen, da die Bewegung erst zum Stillstande gekommen sein muss, die nach Absperrung des Dampfes in Folge des Beharrungsvermögens noch fortdauert, bis sie durch die entgegenstehenden Hindernisse erschöpft ist. Der Maschinist darf nur im Falle der höchsten Gefahr während der Bewegung umsteuern und Gegendampf geben.

Das Speisen des Dampfkessels während der Fahrt der Locomotive geschieht mit Wasser, welches auf dem Tender mitgeführt wird. Von da wird es durch eine nach Belieben des Maschinisten absperrbare und in Gang zu setzende Saug- und Druckpumpe entnommen und in den Kessel

gepresst. Die Befestigung der Kolbenstange der Pumpe an der Kolbenstange des Cylinders ist bereits erwähnt. Soll Wasser in den Kessel geschafft werden, so wird das Steigrohr und hierauf das Saugrohr geöffnet; soll die Pumpe kein Wasser geben, so wird zuerst das Saugrohr, dann das Steigrohr geschlossen. Das Speisewasser wärmt man gewöhnlich vor, indem man Dämpfe aus dem Kessel in dasselbe leitet.

Um durch die Locomotive grosse Lasten fortzuschaffen, muss sie mit ausreichender Kraft an den Schienen haften. Das Mittel hierzu liegt in dem Gewichte der Maschine selbst. Daher ist das Gewicht so beträchtlich. Bei grossen Lasten des Zuges oder bei starker Steigung der Bahn, also bei Locomotiven für Güterzüge und bei Berglocomotiven, verkoppelt man gewöhnlich noch die Treibräder mit zwei Fahrrädern und vermehrt somit die Zahl der Stellen, an welchen die gleitende Reibung der Locomotive in Betracht kommt. Die verkoppelten Räder müssen selbstverständlich gleiche Peripherien haben, da sie in gleichen Zeiten eine Umdrehung machen müssen. In neuerer Zeit hat man das Gewicht der Locomotiven bis auf 35 Tonnen oder 700 Centner gesteigert. Ein $^1/_{20}$ von dem Gewichte der Locomotive ist durchschnittlich auf Reibung zu rechnen und auf horizontaler Bahn muss die Locomotive wenigstens $^1/_{12}$ von dem Gewichte des Wagenzuges haben.

Wir verweisen übrigens auf die in der Anmerkung zu Art. Dampfkessel angeführte besondere Schrift.

Lösen, }
Lösung, } s. Art. Auflösen.

Löthen nennt man die Operation, durch welche zwei Metallstücke durch Schmelzen eines leichter flüssigen oder auch desselben Metalles fest mit einander vereinigt werden. Das Metall, durch welches die Vereinigung bewirkt wird, heisst das Loth. Das Loth muss wenigstens an der Oberfläche mit den zu löthenden Metallen eine Legirung eingehen. Ein gewöhnliches Loth ist eine Legirung aus Zinn und Blei, das sogenannte Zinnloth, oder Weich- oder Schnellloth. 2 Theile Zinn und 1 Theil Blei geben das schwache Schnellloth, welches bei 171° C. schmilzt; 1 Theil Zinn und 2 Theile Blei das starke Schnellloth, welches bei 252$^1/_2$° C. schmilzt; 63 Theile Zinn und 37 Theile Blei das Sicker- oder Sicherloth, dessen Schmelzpunkt 186° C. ist. Ein Zusatz von Wismuth macht das Loth spröde. — Bleiplatten löthet man dadurch, dass man mittelst der Spitze der Flamme des Knallgasgebläses die Ränder der Metallstücke selbst schmilzt und zusammenfügt. Es geschieht dies z. B. bei der Herstellung der Bleikammern in Schwefelsäurefabriken. — Verzinntes Eisenblech, Zink, Messing, auch Blei und Zinn, überhaupt Gegenstände, welche keine grosse Festigkeit zu haben brauchen, oder die bei grösserer Hitze schmelzen, löthet man durch das Schnellloth. — Bei Eisen, Kupfer und Messing nimmt man gewöhnlich Schlagloth, d. h. Messing, dem noch Zink

zugesetzt ist. — Eisen löthet man auch durch reines Zinn; Kupfer und Messing durch das Silberloth, welches aus 5 Theilen Silber, 6 Th. Messing und 2 Th. Zink besteht. 100 Th. Kupfer mit $^1/_6$ bis $^1/_4$ Blei giebt ein gutes Loth für Kupfer. — Silber wird mit hartem Schlaglothe gelöthet, welches aus feinem Silber mit Messing im Verhältniss 4 : 3 oder 2 : 1 besteht. Leichtflüssiger ist das Loth aus 12löthigem Silber und Zink im Verhältnisse 7 : 1 oder 16 : 3. — Gold löthet man mit Legirungen von Gold und Silber, Gold und Kupfer oder aller drei Metalle. Sehr leichtflüssig ist das Goldschlagloth aus 55 Theilen Silber, 12 Theilen Gold, 28 Theilen Kupfer und 5 Theilen Zink. — Platin löthet man mit Gold.

Beim Löthen müssen die Löthstellen rein und frei von Oxyd sein. Salmiak ist ein gutes Reinigungsmittel; auch Borax und Glaspulver werden gebraucht. — Beim Schnellllothe bedient man sich eines heissen Löthkolbens aus Kupfer oder Eisen. Bei dem Hartlothe muss man die Löthrohrflamme oder die eines Gebläses anwenden.

Löthrohr heisst ein kleines Instrument zur Erzeugung einer Stichflamme durch Blasen mit dem Munde. Es besteht aus einem etwa 10 Zoll langen conischen Rohre von Messing, das an dem einen Ende einen Durchmesser von etwa 3 und an dem andern von etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ Linien hat. Ungefähr $1\,^1/_2$ Zoll von dem letzteren Ende ist es im Bogen gekrümmt. Das weite Ende nimmt der Arbeiter in den Mund und bläst mit vollen Backen aus dem dünneren Ende in eine Flamme. Es wird das Löthrohr nicht blos zum Löthen (s. d. Art.) gebraucht, sondern auch bei den Chemikern findet es häufig Anwendung, namentlich auch zur Untersuchung der Mineralien.

Um das beim Blasen mit dem Munde in die Röhre eindringende Wasser von der Flamme abzuhalten, hat man an der Umbiegung eine kleine Kugel oder überhaupt eine abschraubbare Erweiterung angebracht, an welcher das Rohr mit der engeren Oeffnung angesetzt ist. Diese Erweiterung wirkt zugleich als Windkasten.

Bei der Löthrohrflamme unterscheidet man eine reducirende und eine oxydirende. Die oxydirende Flamme erhält man, wenn man die Löthrohrspitze etwa bis zu einem Drittel der Dochtbreite in die Flamme eintaucht. Die Flamme ist in Folge des verbrennenden Kohlenoxydgases blau. Die reducirende Flamme, welche gelb aussieht, wird erhalten, wenn man die Spitze des Löthrohres parallel mit dem etwas schief abgeschnittenen Dochte hält, ohne dabei die schmale Seite des Dochtes zu berühren.

Die Stelle des Löthrohrs kann die Aeolipile (s. Art. Dampfkugel) vertreten, wenn man das Blaserohr umbiegt, so dass es in die Spiritusflamme mündet, welche die Kugel erhitzt. Die Kugel selbst ist dann mit Spiritus gefüllt, so dass Spiritusdämpfe in die Flamme treten.

Löthrohrlampe nennt man vorzugsweise eine von Berzelius angegebene, von Harkort verbesserte Lampe zur Erzeugung einer Stichflamme mittelst des Löthrohrs. Die mit Baumöl gefüllte und mit einem dicken Dochte versehene kleine Lampe ist an einem Gestelle, welches aus einem Fusse und einer etwa 15 Zoll hohen Stange besteht, durch eine Schraube befestigt und kann in passender Höhe eingestellt werden.

Löwe'sche Farbenringe, s. Art. Farbenringe. B.

Log, Logg, Logge oder Lock heisst das Instrument zur Messung der Geschwindigkeit eines Schiffes. Es besteht aus dem Loggbrett oder dem eigentlichen Logg, der Loggleine und der Loggrolle, und ausserdem gehört dazu das Logglas. Das Buch, in welches der Inhalt der Loggtafel geschrieben wird, heisst Loggbuch. Die Loggtafel oder das Loggbrett oder die Wachttafel ist das Brett oder die Tafel, auf welcher die durch das Logg gefundene Geschwindigkeit des Schiffes nebst der Stunde, der Beschaffenheit des Wetters, der Richtung des Windes etc. sogleich aufgeschrieben wird. Loggen heisst die Logge auswerfen, um die Geschwindigkeit des Schiffes zu messen. Das Logglas ist eine kleine, gewöhnlich eine halbe — bisweilen auch nur eine Viertel — Minute laufende Sanduhr. Das Loggbrett ist ein hölzerner Quadrant von 4 bis 6 Zoll Radius, an dessen Kreisrande ein Streifen Blei eingelassen ist, so schwer, dass der Mittelpunkt (die Spitze) des Quadranten nur eben aus dem Wasser herausragt, wenn das Brett in Wasser kommt. An den Enden des Kreisbogens sind zwei Schnüre befestigt, die sich mit einer dritten vereinigen, welche von einem Pflocke in der Nähe der Spitze ausgeht, so dass die drei Schnüre die Kanten einer Pyramide bilden, von deren Spitze die Loggleine ausgeht. Die Loggleine ist hin und wieder durch eingeklemmte Zeichen oder Knoten von farbiger Wolle abgetheilt (s. Art. Knoten), die in einer Entfernung von 50 bis 60 Fuss von dem Loggbrette beginnen und $47\frac{1}{2}$ par. Fuss oder nahe 51 engl. Fuss, d. h. $\frac{1}{120}$ einer Seemeile, von einander entfernt sind. Beim Loggen sind drei Personen erforderlich. A. hält die Loggrolle mit der Axe horizontal, B. hält das Logglas und C. wirft das Logg aus. In dem Augenblicke, wo diesem der Anfangsknoten durch die Hand schlüpft, kehrt B. auf seinen Ruf das Glas um, und B. giebt wieder C. ein Zeichen die Leine anzuhalten, wenn das Sandglas abgelaufen ist. Die abgelaufenen Knoten geben den Weg, welchen das Schiff in einer Stunde macht, in Gradminuten, d. h. in Seemeilen an. A. rollt die Loggleine wieder auf und zwar wird dann durch einen Ruck der Pflock der dritten Schnur gelöst, so dass sich das nun flach liegende Brett leichter einziehen lässt. 1 Knoten Fahrt entspricht einer Geschwindigkeit von etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss in der Secunde.

Logglas,
Loggleine, } s. Art. Log.

Loggrolle, s. Art. Log.

Loharäometer oder Lohwaage ist ein von Hermbstädt vorgeschlagenes Aräometer (s. d. Art.), welches nach Gewichtsprocenten die in der Lohbrühe enthaltene Menge des Gerbstoffes und anderer aus der Lohe aufgelöster Substanzen anzeigen soll. Der Nullpunkt ist der des destillirten Wassers und von da gehen 20 Grade abwärts.

Longitudinalschwingungen oder Längenschwingungen entstehen in elastischen Körpern, wenn man in ihrer Längsrichtung eine Veränderung durch Druck oder Stoss hervorbringt, im Gegensatze zu den Transversalschwingungen und drehenden Schwingungen. Hält man eine 4 bis 5 Linien weite Glasröhre in der Mitte zwischen zwei Fingern lothrecht und reibt dann die eine Hälfte mit einem nassen wollenen Lappen der Länge nach gelinde, so beginnt die Röhre in Folge von Longitudinalschwingungen zu tönen, und so lange sie tönt, zeigt sich ihre nasse Oberfläche gekräuselt. Ein in die Röhre gebrachter leicht beweglicher Korkpfropfen bewegt sich während des Tönens und rückt der Mitte näher. Hölzerne oder metallene Stäbe reibt man mit einem wollenen Lappen, der mit Kolophonium bestreut ist, oder man kittet eine kurze Glasröhre an und reibt diese mit einem nassen Lappen. Longitudinal schwingende Stäbe und Saiten geben höhere Töne als bei transversaler Schwingung. Die Töne stehen im umgekehrten Verhältnisse mit der Länge der Saiten und Stäbe, ohne dass die Dicke und bei Saiten die Spannung von wesentlichem Einflusse wäre. Der innere Hergang besteht in einer abwechselnden Verdichtung und Verdünnung, indem die Theilchen sich abwechselnd einander nähern oder von einander entfernen. In einem begrenzten Stabe findet an den Enden eine Reflexion statt, wodurch zu stehenden Schwingungen Veranlassung gegeben wird. Longitudinalschwingungen in einer tropfbarflüssigen oder luftförmigen Flüssigkeit reduciren sich auf die Wellenerregung im Innern eines elastischen Mediums (s. Art. Wellenbewegung). — Töne durch Longitudinalschwingungen in festen Körpern finden wenig Verwendung. Chladni's Euphon (s. Art. Euphon) gründete sich darauf.

Longitudinalton, s. Art. Longitudinalschwingungen.

Lorgnette nennt man eine Brille (s. d. Art.) ohne Gestell zum Aufsetzen, gewöhnlich mit einer Handhabe. Meistens bedienen sich nur Kurzsichtige solcher Augenverderber.

Loth, s. Art. Bleiloth in der Bedeutung von Senkel; Art. Löthen in der Bedeutung des beim Löthen die Vereinigung herstellenden Körpers, und Art. Bathometer in Bezug auf Tiefenmessungen namentlich im Meere.

Lothrecht nennt man die Richtung, in welcher die Schwerkraft wirkt, und die man sonst auch als vertical oder scheitelrecht



bezeichnet. Lothrecht ist senkrecht auf die ruhige Wasserfläche, oder senkrecht auf horizontal. Senkrecht kann jede beliebige Richtung sein, wenn sie nur mit der Fläche, auf welcher sie senkrecht steht, nach allen Richtungen dieselbe Neigung hat, d. h. nach allen Richtungen mit der Tangirenden des betreffenden Punktes rechte Winkel bildet.

Loupe nennt man eine Convexlinse von $^1/_2$ bis 2 Zoll Brennweite, welche dazu dienen soll, nahe kleine Gegenstände vergrössert zu erblicken und zu beobachten. Es gehört mithin die Loupe zu den Mikroskopen. Eine Convexlinse von noch kleinerer Brennweite heisst mikroskopische Linse. Betrachtet man einen kleinen Gegenstand, der sich innerhalb der Brennweite einer Loupe oder einer mikroskopischen Linse befindet, so erhält das Auge die von dem Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen so, als ob dieselben von einem entfernteren und grösseren Gegenstande in derselben Stellung herkämen (s. Art. Linsenglas. D.). Durch allmälige Annäherung oder Entfernung des Gegenstandes in Beziehung auf den Brennpunkt kann man es dahin bringen, dass das Bild in der Entfernung des deutlichen Sehens steht und mithin dem Auge deutlich erscheint. Hat man dies erreicht, so lässt sich die Vergrösserung leicht bestimmen. Setzen wir voraus, dass die Dicke der Linse unbedeutend ist und sich dieselbe selbst dem Auge sehr nahe befindet, so dass man das Auge als im Mittelpunkte der Linse stehend annehmen kann, so ergiebt sich die lineare Vergrösserung $= \frac{d}{f} + 1$, wo d die Entfernung des deutlichen Sehens und f die Brennweite der Linse bedeutet. Gewöhnlich setzt man, da f bedeutend kleiner als d ist, die Vergrösserung $= \frac{d}{f}$, also gleich dem Quotienten aus der Brennweite der Linse in die Entfernung des deutlichen Sehens, welche man zu 8 bis 12 Zoll oder im Mittel zu 10 Zoll annimmt. Je kleiner die Brennweite ist, desto stärker ist also die Vergrösserung. — Das Gesichtsfeld, also hier der Raum, welchen man durch die Linse übersicht, ist im Allgemeinen um so kleiner, je stärker sie vergrössert.— Die Deutlichkeit ist um so grösser, je geringer die sphärische und chromatische Abweichung ist (s. Art. Linsenglas. F. und Chromatische Abweichung). — Die Helligkeit des Bildes nimmt in dem Verhältnisse ab, in welchem das Quadrat der linearen Vergrösserung grösser wird, da dasselbe Licht die vergrösserte Fläche zu erleuchten hat. Im Allgemeinen ist die Helligkeit bei einer Loupe oder mikroskopischen Linse von der Brennweite $= f$ und dem Halbmesser der Linsenöffnung $= r$ für eine Entfernung des deutlichen Sehens $= 10$ Zoll und einen Halbmesser der Pupille $= 0{,}03$ Zoll gleich $\frac{r^2 f^2}{0{,}09}$.

Bisweilen braucht man eine Combination von zwei oder selbst drei

sich fast berührenden, hinter einander gestellten Linsen als eine Loupe oder als mikroskopische Linse. Die Vortheile, welche ein solches Linsensystem gewährt, bestehen darin, dass eine einzige Linse, um dieselbe Vergrösserung zu liefern, eine kürzere Brennweite haben müsste, dass daher das Linsensystem eine geringere sphärische Abweichung besitzt, deshalb eine grössere Deutlichkeit, ein grösseres Gesichtsfeld und eine grössere Helligkeit bietet. Stehen zwei Linsen hinter einander von den Brennweiten f_1 und f_2 in der Entfernung $= e$, so ergiebt sich die Entfernung E, in welcher das Object vor der vorderen Linse sich befinden muss, $E = \frac{f_1 (f_2 - e)}{f_1 + f_2 - e}$, woraus man für $e = 0$ erhält, $E = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$. Da man E als gemeinschaftliche Brennweite nehmen kann, so folgt für die Entfernung des deutlichen Sehens die Vergrösserung allgemein $= \frac{d (f_1 + f_2 - e)}{f_1 (f_2 - e)}$ und für $e = 0$, $= \frac{d (f_1 + f_2)}{f_1 f_2}$.

Wegen der Cylinderloupe s. Art. Cylinderloupe. — Die Loupenlinse wird gewöhnlich mit einer einfachen ringförmigen Fassung versehen, die aus Horn, Holz oder Elfenbein, seltener aus Metall besteht. Werden zwei sich fast berührende Linsen von verschiedener Brennweite combinirt, damit man mit jeder einzelnen eine besondere Vergrösserung und mit beiden vereint eine dritte Vergrösserung erlangen kann, so werden sie meistens in Ringe gefasst, die einen Handgriff haben, mit dem sie mittelst eines Charniers in eine Deckelvorrichtung passen. Die Fassung darf sich nicht werfen, weil dann die Axen nicht mehr zusammenfallen. Es ist zweckmässig eine Blendung zwischen den Linsen anzubringen, die sich zurückschlagen lässt. — Der Leinwandmesser ist eine Loupe in einer Röhre, deren Länge der Brennweite der Linse gleichkommt, und an dem Objectivende mit einem quadratförmigen Loche, dessen Seiten mit einer feinen Linienscala versehen sind.

Loxodrome, loxodromische Linie, heisst die Linie, welche ein Schiff beschreibt, welches einen Kompassstrich durchsegelt, der zwischen den vier Cardinalpunkten, Norden, Süden, Osten und Westen liegt. Immer weiter fortgesetzt bildet eine solche Linie eine Spirallinie um die Erde, die sich einem der Pole immer mehr und mehr nähert, ohne ihn jemals zu erreichen. Die Seeleute nennen einen solchen Cours: Dwars-Cours. — Den Gegensatz bildet die Orthodrome, ein Cours, der gerade nach einem der vier Cardinalpunkte gesteuert wird.

Lucide nannte Parrot in Dorpat eine von ihm zur Erklärung der electrischen Erscheinungen angenommene Substanz, die namentlich in den Isolatoren enthalten sein sollte, welche er deshalb selbst Luciden nannte.

Luft, atmosphärische, s. Art. Atmosphäre. Die Luft ist, wie Torricelli zuerst nachwies, eine schwere Flüssigkeit. Da

bei einer Erhebung von 73 bis 76 Fuss über die Erdoberfläche der Barometerstand um 1 Linie niedriger wird (s. Art. **Barometrie**), so berechnet sich das specifische Gewicht der Luft zu Quecksilber zu $\frac{1}{12,76}$ bis $\frac{1}{12,73}$, also zu $\frac{1}{10944}$ bis $\frac{1}{10512}$ und zu Wasser, da das spec. Gewicht des Quecksilbers 13,6 ist, $= \frac{1}{804,7}$ bis $\frac{1}{773}$. Genauer verfährt man, wenn man einen Glaskolben möglichst luftleer macht und wiegt, dann Luft einströmen lässt und wieder wiegt. Beträgt der Gewichtsunterschied P Pfund und das Volumen des Ballons V Cbkfuss, so wiegt ein Cbkfuss Luft $\frac{P}{V}$ Pfund. Da der Ballon hierbei nicht ganz luftleer gemacht werden konnte, so ist der Rückstand noch zu bestimmen. Bei genauen Versuchen ist auf die Volumenveränderung des Glasballons und ebenso auf den Gewichtsverlust desselben in der Luft Rücksicht zu nehmen. Ueberhaupt bietet eine genaue Bestimmung viele Schwierigkeiten. Man könnte den Ballon mit einer Röhre in Verbindung bringen, so dass die Kugel durch einen Hahn absperrbar und von der Röhre abschraubbar wäre. Stellte man dann mit dieser Röhre den Torricellischen Versuch (s. Art. Barometer) an, so dass der Ballon das Vacuum bildet, so würde man den Ballon völlig luftleer erhalten. Biot fand bei 760^{mm} Barometerstand und 0° C. das Gewicht eines Liters Luft = 1,299541 Gramm; Regnault = 1,293187 Gramm. — Bei mittlerer Temperatur pflegt man das Gewichtsverhältniss von Luft zu Wasser = $\frac{1}{850}$ zu setzen und im Allgemeinen kann man annehmen, dass $13\frac{1}{2}$ Cubikfuss Luft 1 Neupfund wiegen.

Luftarten giebt es in grosser Zahl, denn jeder luftförmige Körper ist eine Luftart; vergl. Art. Gas. Hier führen wir einige auf, die noch unter besonderen, allerdings meist veralteten Bezeichnungen bekannt sind. Brennbare Luft ist vorzugsweise der Wasserstoff; dephlogistisirte Luft = Sauerstoff; fixe Luft = Kohlensäure; hepatische Luft = Schwefelwasserstoff; inflammable Luft = Wasserstoff; mephitische Luft = Stickstoff, aber auch = Kohlensäure; phlogistisirte Luft = Stickstoff.

Luftball / **Luftballon** } Aërostat, aërostatische Maschine, Montgolfière, Charlière ist eine Maschine, die ohne Unterstützung oder Aufhängung, lediglich in Folge ihres Gewichtsverhältnisses zu dem der von ihr verdrängten Luft in dieser aufsteigt. Ein in der Luft befindlicher Körper erleidet einen Verlust an seinem Gewichte, welcher dem Gewichte der von ihm verdrängten Luft gleich kommt, ebenso wie dies mit einem in einer tropfbaren Flüssigkeit be-

findlichen Körper in Bezug auf diese der Fall ist (vergl. Art. Hydrostatik. E.). Wiegt ein in Luft befindlicher Körper mehr als die von ihm verdrängte Luft, so fällt er in dieser herab; wiegt er gerade soviel, so schwebt er in ihr; wiegt er weniger, so steigt er in ihr empor, bis er in einer höheren Schicht zum Schweben kommt. Soll also ein Körper in der Luft emporsteigen, so wird man ihn so leicht machen müssen, dass er weniger wiegt als eine Luftmenge, die mit ihm ein gleiches Volumen einnimmt. Die atmosphärische Luft ist bei 760^{mm} Barometerstand und 0^{0} C., wenn sie trocken ist, $769^{1}/_{2}$mal leichter als Wasser unter denselben Umständen und 771,74mal leichter als Wasser bei seiner grössten Dichtigkeit. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass $13^{1}/_{2}$ Cubikfuss Luft 1 Neupfund wiegen. Wie kann man nun einen Körper so leicht machen? — Die Luft erhält durch Erwärmung das Bestreben, sich auszudehnen. Ein Cubikfuss Luft von 0^{0} C. nimmt bei 100^{0} C. ein Volumen von 1,365 Cubikfuss ein. Diese Wirkung benutzten zuerst die Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier, Papierfabrikanten zu Annonais im südlichen Frankreich, um einen Ballon zum Steigen zu bringen. Sie bauten nach mehreren kleineren Versuchen einen Ballon von Leinwand, der 35 Fuss im Durchmesser hatte, 450 Pfund wog und noch eine Last von 400 Pfund trug. Die Luft in dem zusammengedrückten Ballon erhitzten sie. Dadurch wurde der Ballon aufgetrieben, nahm ein bedeutendes Volumen ein und stieg bis zu einer Höhe von etwa 1000 Fuss, worauf er in einer Entfernung von etwa einer halben Meile niederfiel. — Dies Experiment (am 5. Juni 1783) erregte ungemeines Aufsehen. Professor Charles zu Paris übersah bald die wahren Bestimmungsstücke, was von den Gebrüdern Montgolfier nicht einmal gesagt werden kann, und erreichte dasselbe auf eine andere Art. Im J. 1766 hatte Cavendish die grosse Leichtigkeit des Wasserstoffs, der rein 13 mal spec. leichter ist als atmosphärische Luft, entdeckt. Es leuchtet nun ein, dass es möglich sein werde, einen an sich leichten Körper zu construiren, der mit solcher Luft gefüllt weniger wiegen könne als eine Luftmenge von demselben Volumen, und dass ein solcher Körper in der Luft empor steigen müsse. Charles liess einen Ballon von 12 Fuss 2 Zoll Durchmesser aus Taffet, welcher mit Firniss überzogen war, anfertigen und füllte ihn mit Wasserstoffgas. Der im Ganzen 25 Pfund schwere Ballon flog in der That am 27. Aug. 1783 von dem Marsfelde zu Paris auf, verschwand hinter den Wolken und fiel dann in einer Entfernung von etwa 2 Meilen wieder nieder. — Diese beiden Methoden, einen Luftballon zum Steigen zu bringen, sind die einzigen bisher befolgten. Denn füllt man auch seit 1836 dieselben in der Regel mit dem in den grösseren Städten zur Beleuchtung der Strassen benutzten Leuchtgase, welches etwa halb so schwer als atmosphärische Luft ist, so ist dies doch kein Unterschied in der Methode, welche Charles befolgte. Einen durch Erhitzen der eingeschlossenen

Luft zum Steigen gebrachten Ballon nennt man eine Montgolfière, einen mit einem leichten Gase gefüllten hingegen eine Charlière. Eine Verbindung von einer Charlière und einer Montgolfière, welche letztere dann unter der ersteren angebracht ist, bezeichnet man wohl auch als Carolo-Montgolfière. Kleine Ballons, die man in der Stube fliegen lassen kann, machte man früher aus Goldschlägerhaut und brachte sie durch angebrannten Spiritus zum Steigen; jetzt stellt man Miniaturballons aus Collodium her, die man mit Wasserstoffgas füllt. Man nimmt eine sogenannte Vorlage (ein kugelförmiges Glas mit längerem Halse), füllt in diese etwas Collodium, schwenkt dies in der Vorlage herum, so dass sie im Innern der Kugel und im Halse allenthalben nass wird, wartet einige Minuten, bis die Flüssigkeit verdunstet ist, und zieht dann die feine Haut, mit welcher das Innere der Flasche sich überzogen hat, durch den Hals heraus. Das Wasserstoffgas entwickelt man aus Zink mittelst verdünnter Schwefelsäure in einer Flasche, durch deren Pfropfen ein längeres, nur durch den Pfropfen in die Flasche reichendes Rohr geht. — Der Gedanke lag nahe, den Luftballon zum Reisen zu benutzen. Hierüber vergl. Art. Luftschifffahrt. — In Betreff der Grössen- und Gewichtsverhältnisse sei nur Folgendes erwähnt. Ist das Gewicht von einem Cubikfuss atmosphärischer Luft an der Oberfläche der Erde $= C$ bei einem Barometerstande B, hingegen in einer Höhe H, bei welcher der Barometerstand b ist, gleich c; beträgt das Gewicht von einem Cubikfuss der Füllung des Ballons ebenso unten C_1 und oben c_1 und ist das Volumen des Ballons V und sein Gewicht nebst der angehängten Last L; so ist mit Benutzung der Deluc'schen Formel (s. Art. Höhenmessungen, barometrische) $H = 10000\ [log\ V + log\ (C - C_1) - log\ L]$ Toisen, von denen eine 6 par. Fuss oder 6,21 preuss. Fuss lang ist.

Luftblase nennt man eine allseitig von einer tropfbaren Flüssigkeit oder von einem durchsichtigen Körper eingeschlossene grössere oder kleinere Luftmenge, ohne dass es dabei auf die Luftart ankäme. Als Beispiele dienen die in Flüssigkeiten aufsteigenden Luftblasen, ebenso die im Eise als Perlen auftretenden. Man kann unterscheiden Luftblasen, die in einer grösseren Masse des einschliessenden Körpers sich befinden, und Luftblasen, die nur von einem dünnen Häutchen umgeben sind. Obige Beispiele würden zu der ersten Art gehören; Beispiele der zweiten Art bieten die Seifenblasen und die atmosphärischen Dunstbläschen. Wegen der letzteren vergl. Art. Dampfbläschen. In Betreff der ersteren sei nur bemerkt, dass sie in der Flüssigkeit, ebenso wie ein Luftballon in der Luft, emporsteigen, dass sie dabei eine meist rundliche Gestalt haben, weil die eingeschlossene Luftmenge sich nach allen Richtungen gleichmässig auszudehnen strebt, dass diese Gestalt aber in Folge des Widerstandes eine Veränderung erleidet. Absorbirte Luft bildet durch die freiwerdenden Bläschen das Moussiren. Sammeln

sich die Bläschen in grosser Anzahl an der Oberfläche an, so entsteht der Schaum. Die Luftblasen im Eise rühren ebenfalls von der absorbirten oder beigemengten Luft her.

Luftdruck, d. h. der Druck, welchen die atmosphärische Luft in Folge ihrer Schwerkraft ausübt, ist zuerst von Evangelista Torricelli nachgewiesen (vergl. Art. Barometer) und wird durch das Barometer gemessen (s. Art. Atmosphärendruck). Im Allgemeinen rechnet man den Atmosphärendruck auf 1 Quadratzoll zu 14 Neupfund. Vergl. auch Art. Luftpumpe und Barometrie.

Luftelectricität, der electrische Zustand der Atmosphäre, s. Art. Gewitter und den folgenden Artikel.

Luftelectrometer nennt man ein Electrometer, welches über den electrischen Zustand der atmosphärischen Luft Aufschluss giebt. Franklin brachte 1749 eine oben zugespitzte, isolirte, vertical aufgestellte Metallstange in Vorschlag, deren unteres Ende die gleichnamige Electricität einer Gewitterwolke anzeigt. Hiervon ist Cavallo's Holzstange, an deren oberem Ende eine durch ein Glasstäbchen isolirte Korkkugel angebracht war, eine Modification. In die Kugel wurde eine Nadel gesteckt, die an einem Bindfaden befestigt war. Hält man den Stab zum Fenster hinaus und zieht dann nach einiger Zeit die Nadel mittelst des Bindfadens aus der Kugel, so lässt sich der electrische Zustand dieser an einem Electrometer prüfen. Coulomb verfuhr ähnlich, nur hatte er eine Metallkugel und berührte diese mit einem Drahte. Saussure benutzte geradezu ein Electroskop mit einer Spitze. Romershausen leitete die Electricität von der isolirten Auffangestange zu einem Electrometer, welches nach dem Principe der Coulomb'schen Drehwaage (s. Art. Drehwaage, electrische) construirt war. In ähnlicher Weise ist das Dellmann'sche Electrometer eingerichtet. Riess hat — in: die Lehre von der Reibungselectricität Bd. 2. S. 494 — eine Uebersicht über die vorzüglichsten in Gebrauch gekommenen Instrumente gegeben. Es scheinen übrigens nach Hankel alle bis dahin vorhandenen Instrumente zur Messung unzulänglich zu sein.

Lufterscheinung oder Meteor (s. d. Art.).

Luftfahrt, s. Art. Luftschifffahrt.

Luftfernglas oder Luftfernrohr nannte man ein Fernrohr ohne Rohr. Huyghens hatte den Vorschlag gemacht, um bedeutende Vergrösserungen zu erzielen, die Gläser des Fernrohrs nicht in Röhren einzuschliessen; das Objectivglas wurde in einem kurzen, mittelst einer Nuss nach allen Richtungen beweglichen Rohre befestigt, an einer hohen Stange an dem Giebel eines Hauses oder an einer Art Mastbaum angebracht, und unten stand der Beobachter mit dem Ocularglase, der das Objectivglas mit Hilfe von Schnüren in die erforderliche Richtung stellte. Man construirte damals Objective von über 100 Fuss Brennweite; der Bruder von Huyghens, Constantin, hatte solche von



123, 170 und 210 Fuss Brennweite. Dominicus Cassini entdeckte mit solchen Luftgläsern den 8., 5., 4. und 3. Saturnstrabanten. Jetzt ist das Interesse nur ein historisches.

Luftfeuchtigkeit oder Wasserdampfgehalt der Atmosphäre, s. Art. Hygrometrie.

Luftförmig oder expansibel bezeichnet diejenige Aggregatsform (s. d. Art.), bei welcher die Körpertheilchen einen gewissen Kraftaufwand nöthig machen, um sie zusammen zu halten, weil sie sich stets bestreben, einen grösseren Raum einzunehmen, so dass sie den ihnen dargebotenen stets ganz ausfüllen. Vergl. auch Art. Ausdehnsamkeit, die nicht zu verwechseln ist mit Ausdehnbarkeit.

Luftgemenge ist ein Gemenge von verschiedenen Luftarten.

Luftgütemesser, s. Art. Eudiometer.

Luftheizung besteht darin, dass aus einem besonderen Heizraume erwärmte Luft in die zu erwärmenden Räume geleitet wird. Die Idee ist bereits bei den Römern zur Zeit des Seneca zur Ausführung gekommen; aber in verbesserter Weise wurde sie wieder 1792 in einer Maschinenspinnerei des Hrn. Strutt in Belper ins Leben gerufen. Die Haupttheile sind: der Ofen, die Heizkammer, die Vorrichtung zur Zuleitung der kalten Luft und die Kanäle für die warme Luft. Der Ofen besteht aus einem guten Wärmeleiter, wenigstens ist ein gusseiserner Feuerkasten mit einem Systeme von Röhren, durch welche der Rauch hindurchzieht und in denen er seine Wärme absetzt, am zweckmässigsten. Man rechnet 1 Quadratfuss Oberfläche, um 6 Cubikfuss Luft in jeder Minute auf 20° C. zu erwärmen. — Der Ofen ist umgeben von der Heizkammer. Da bei dieser soviel als möglich Wärmeverlust zu vermeiden ist, so construirt man sie am besten aus gebrannten Steinen. Zwischen Ofen und Heizkammer bleibt nur der für den Luftstrom nöthige Raum, also nur ein Abstand von 3 bis 4 Zoll. — Die Zuleitung der kalten Luft geschieht durch spaltenförmige Oeffnungen in den Umfassungsmauern am Fusse des Ofens in der ganzen Ausdehnung desselben mit Ausnahme der Seite, welche das Einheizeloch enthält. Diese Oeffnungen sind durch eiserne Klappen verschliessbar, um den Luftstrom ganz abzusperren oder zu reguliren. — Aus dem oberen Theile der Heizkammer gehen die aus gebrannten Steinen oder aus gebrannten thönernen Röhren bestehenden Kanäle für die warme Luft nach den zu erwärmenden Räumen. Die beste Form für diese Kanäle ist die runde: ihre Weite richtet sich nach der durchzuführenden Luftmenge. Ein günstiges Verhältniss soll sein, wenn die Durchschnittsfläche des Zwischenraums zwischen Ofen und Heizkammer rings um den Ofen doppelt so gross ist, als die Durchschnittsfläche des Wärmekanals. Die Heizung bringt man im Souterrain an und die Kanäle für die warme Luft lässt man am besten unmittelbar über oder doch nur in geringer Entfernung von dem Fussboden in der Zimmerwand münden. In den zu erwärmenden

Räumen bringt man überdies, möglichst entfernt von den Oeffnungen der Wärmekanäle, Abzugskanäle an, die durch Klappen verschliessbar sind. — Dies sind die allgemeinen Grundzüge. Eine Abänderung besteht darin, dass man ein Röhrensystem äusserlich erhitzt und die zu erwärmende Luft durchströmen lässt. Vergl. C. L. Engel, Anweisung zur Heizung der Gebäude mit erwärmter Luft. Berlin, 1830.

Die Vorzüge der Luftheizung vor der Ofenheizung machen sich da bemerklich, wo es darauf ankommt, mehrere Räume, in denen vielleicht Oefen nicht schicklich angebracht werden können, durch eine Feuerung zu erwärmen. Sie ist im Ganzen fast eben so kostspielig wie Ofenheizung. Ein Uebelstand ist, dass bei Luftheizung sich häufig die Zimmer mit einem üblen Geruche füllen, der wohl meistens von einer Zersetzung der mit der kalten Luft in die Heizkammer oder Röhren eindringenden Staubtheilchen herrührt. Noch schlimmer ist, dass die Luft in den erwärmten Räumen ungemein ausgetrocknet wird, so dass in Räumen, in welchen dieselben Personen täglich sich aufzuhalten gezwungen sind, Luftheizung nie geduldet werden sollte. Deshalb eignet sich diese Heizmethode auch nicht für Gewächshäuser. Für Schauspielhäuser ist die Luftheizung noch rathsam, empfehlenswerth aber für Trockenstuben, Darrstätten etc. — Ueber Heizung überhaupt vergl. Art. Heizung.

Luftkreis, s. Art. Atmosphäre.

Luftleer heisst ein Raum, der nichts Materielles, selbst nicht eine Luftart enthält. Als solchen Raum betrachtet man gewöhnlich das Torricelli'sche Vacuum (s. Art. Barometer und zwar Quecksilberbarometer), wiewohl man auch hier den Einwand machen kann, dass in demselben Quecksilberdünste enthalten sein können. Dass man mittelst der Luftpumpe keinen vollständig luftleeren, sondern nur einen luftverdünnten Raum herstellen kann, enthält Art. Luftpumpe.

Luftmanometer, s. Art. Manometer.

Luftmaschine, s. Art. Calorische Maschine.

Luftperspective lehrt im Gegensatze zu der Linearperspective, welche die richtige Lage der in einer Zeichnung darzustellenden Punkte angiebt, die Gegenstände in einer Zeichnung nach der Beleuchtung und Entfernung so darstellen, dass dieselben der Natur gemäss erscheinen. Vergl. Art. Perspective.

Luftpresse oder Romershausen'sche Presse ist eine Extractionspresse. Der zu extrahirende Stoff befindet sich in einem Raume mit siebförmig durchlöchertem Boden und Deckel und ist mit der extrahirenden Flüssigkeit übergossen. Der Raum unter dem Boden steht mit einer Luftverdünnungs(Evacuations-)pumpe in Verbindung, so dass, wenn diese Pumpe in Thätigkeit gesetzt wird, die atmosphärische Luft die Flüssigkeit durch den zu extrahirenden Stoff hindurch presst. Romershausen nannte seine Presse Dampfpresse oder auch hydromechanische Extractpresse.

Luftpumpe heisst ein Instrument, durch dessen Hilfe die Luft in einem abgeschlossenen Raume verdünnt oder verdichtet werden kann. Man unterscheidet daher auch Verdichtungs- oder Compressionspumpen und Verdünnungs- oder Evacuationspumpen, wiewohl man unter einer Luftpumpe schlechthin gewöhnlich nur eine Verdünnungspumpe versteht. Ueber die Compressionspumpe handelt der besondere Artikel: Compressionsmaschine; es folgt daher hier nur das Wesentlichste über die Verdünnungspumpen, bei denen man Ventilluftpumpen und Hahnluftpumpen unterscheidet.

Jede Luftpumpe besteht aus Stiefel, Saugrohr und Teller. Der Stiefel ist ein im Innern genau cylindrischer Metallkörper mit einem luftdicht anschliessenden Kolben, der durch eine Kolbenstange hin und her bewegt werden kann. Die Saugröhre, die am unteren Ende des Stiefels sich an diesen anschliesst, ist eine metallene Röhre von kleinem Kaliber. Der Teller ist eine möglichst genau abgeschliffene ebene Metallplatte in horizontaler Lage am anderen Ende der Saugröhre.

A. Die Ventilluftpumpe ist mit einem Saugventile und Kolbenventile versehen und stimmt mit der Saugwasserpumpe in der Construction überein. Das Kolbenventil ist in dem ausgehöhlten Kolben dicht über dem Boden desselben angebracht; das Saugventil befindet sich auf dem Boden des Stiefels über der Mündung der Saugröhre. Beide Ventile sind möglichst leicht und bestehen in der Regel nur aus einem über den betreffenden Oeffnungen ausgespannten, an den Seiten freien Häutchen. Es kommt besonders mit darauf an, dass der Raum, welcher bei der grössten Annäherung des Kolbens an die Saugröhre zwischen Kolbenventil und Saugventil bleibt, möglichst klein ist. In der Saugröhre, gewöhlich nahe an dem Teller, ist überdies noch eine durch einen metallenen Stöpsel verschliessbare Oeffnung. — Um den Gebrauch und die Wirkung dieser Luftpumpe zu erläutern, nehmen wir an, dass auf dem Teller eine Glasglocke, ein sogenannter Recipient, d. h. ein Raum zur Aufnahme der Körper, mit welchen im luftverdünnten Raume Versuche angestellt werden sollen, luftdicht aufgesetzt ist. Um den luftdichten Anschluss dieser Glocke herzustellen, setzt man sie gewöhnlich auf einen in Wasser aufgeweichten Ring von Hirschleder, wenn sie nicht etwa schon durch auf den Rand derselben gestrichenes Fett zum luftdichten Anschluss gebracht werden kann. Zieht man den Kolben empor, so verdünnt sich die Luft zwischen Saugventil und Kolbenventil; die Luft im Recipienten und in der Saugröhre drückt das Saugventil auf, strömt in den Stiefel und verdünnt sich daher ebenfalls; steht der Kolben still, so schliesst sich das Saugventil und die im Stiefel abgesperrte Luft entweicht nun durch das Kolbenventil, wenn der Kolben wieder niedergedrückt wird. Durch wiederholtes Hin- und Herziehen des Kolbens wird auf diese Weise immer mehr Luft aus dem Recipienten ent-

fernt, und somit in demselben ein luftverdünnter Raum hergestellt. Da die Luft in dem Recipienten und in der Saugröhre immer noch soviel Kraft besitzen muss, das Saugventil beim Emporziehen des Kolbens aufzudrücken, so versteht sich, dass kein vollständig luftleerer Raum im Recipienten hergestellt werden kann, sondern dass die Verdünnung eine Grenze hat. Ausserdem wirkt auch noch die zwischen dem Saugventile und Kolbenventile bei der grössten Annäherung des Kolbens an die Saugröhre enthaltene Luft nachtheilig auf die Verdünnung, da sie wegen des Aufgehens des Kolbenventils von der Dichtigkeit der äusseren Luft ist. Diesen Raum nennt man daher den *schädlichen Raum* der Luftpumpe. — Soll wieder Luft in den Recipienten eingelassen werden, so zieht man den oben angegebenen Stöpsel aus der Oeffnung der Saugröhre.

B. Die *Hahnluftpumpe* hat weder Saugventil noch Kolbenventil, vielmehr einen dichten Kolben, der bei seiner grössten Annäherung an das Saugrohr an dies möglichst anschliesst. Deshalb ist es empfehlenswerth, den Kolben unten conisch zu machen und dem unteren Theile des Stiefels eine genau anschliessende conische Form zu geben, so dass die Spitze des Kolbens genau auf die Oeffnung der Saugröhre trifft. An der Stelle, an welcher Saugrohr und Stiefel an einander stossen, also möglichst nahe an der Spitze des Kolbens bei der niedrigsten Stellung desselben, befindet sich ein doppelt durchbohrter Hahn in der Saugröhre. Die eine Oeffnung dieses Hahnes geht wie bei einem gewöhnlichen Hahne in der Mitte durch, so dass bei entsprechender Stellung des Hahnes seine Oeffnung mit der Saugröhre zusammenfällt; die andere Oeffnung wird von einer schrägen oder unter einem Winkel ausgeführten Durchbohrung gebildet und mündet einerseits entweder an dem Ende oder an dem Kopfe des Hahnes, andererseits an der Seite, so dass diese Oeffnung gerade auf dem auf der Hahnaxe senkrechten Kreise liegt, in welchem sich die Mündungen der geraden Durchbohrung befinden, und zwar so, dass dieselbe zwischen den beiden Mündungen gerade in der Mitte, also um einen Viertelkreis entfernt, ist. — Setzt man auf den Teller wieder eine Glasglocke, giebt dem Hahne die Stellung, in welcher die gerade Durchbohrung des Hahnes mit der Saugröhre zusammenfällt, und zieht den Kolben auf, so erweitert sich der Raum vom Kolben durch die Saugröhre bis in die Glasglocke und die in demselben befindliche Luft wird verdünnt; dreht man hierauf den Hahn um einen Viertelkreis, so dass die Seitenöffnung desselben durch das Saugrohr mit dem Stiefel communicirt, und drückt den Kolben nieder, so wird die in dem Stiefel enthaltene Luft durch den Hahn nach aussen gepresst; giebt man hierauf dem Hahne wieder die erste Stellung und zieht dann den Kolben empor, so tritt wieder eine Verdünnung der Luft in der Glasglocke ein, und stellt man dann den Hahn abermals in seine zweite Stellung, so wird wieder die im Stiefel enthaltene Luft entfernt. Durch fortgesetzte Arbeit in

dieser Weise tritt also eine immer grössere Verdünnung ein, indessen kann auch hier kein völlig luftleerer Raum erzeugt werden, da nur immer ein Theil der noch vorhandenen Luft entfernt werden kann, also immer noch ein Rest bleibt. — Auch hier wirkt der Raum zwischen dem Kolben in seiner niedrigsten Stellung und dem Hahne nachtheilig auf die Verdünnung und heisst auch hier der schädliche Raum. — Soll die Luft wieder in die Glasglocke eintreten, so braucht man nur dem Hahne die Stellung zu geben, bei welcher seine Winkeldurchbohrung mit der Saugröhre und der Glocke in Verbindung steht, indem dann durch denselben die äussere Luft einströmt; doch pflegt man auch den bei der Ventilluftpumpe in der Nähe des Tellers an der Saugröhre angegebenen Stöpsel anzubringen.

Wie bei der Feuerspritze zwei Druckpumpen angebracht werden, um schneller zu arbeiten, so hat man auch z w e i s t i e f e l i g e Luftpumpen, bei welchen der eine Stiefel saugt, während der andere Stiefel die in ihm befindliche Luft entfernt, construirt. Die zweistiefelige Ventilluftpumpe erfordert nur eine Theilung der Saugröhre nach den beiden Stiefeln hin; die zweistiefelige Hahnluftpumpe bedingt aber eine besondere Einrichtung des doppeltdurchbohrten Hahnes, wenn man deren nicht etwa zwei verwenden will. Der Hahn erhält in diesem Falle zwei Winkeldurchbohrungen, von denen die eine am Kopfe, die andere am Ende des Hahnes die eine Mündung hat, während die anderen beiden in derselben auf der Hahnaxe senkrechten Kreislinie um 180° von einander entfernt liegen. Die nach dem Hahnende gehende Durchbohrung ist am Ende des Hahnes durch eine Schraube geschlossen; dafür geht aber noch eine gerade Durchbohrung so durch, dass sie auf den verschlossenen Kanal trifft und die beiden Mündungen von den beiden anderen Seitenöffnungen um 90 Grad abstehen, ohne mit diesen in derselben Kreislinie, vielmehr näher an dem Hahnende, zu liegen. Dieser Hahn liegt zwischen den beiden Stiefeln an ihren unteren Enden, so dass bei einer gewissen Lage desselben der eine Stiefel mit der einen, der andere mit der anderen Winkeldurchbohrung in Verbindung steht. In dieser Lage steht der eine Stiefel mit der äusseren Luft in Verbindung, nämlich derjenige, welcher mit der nach dem Hahnkopfe gehenden Durchbohrung zusammentrifft; der andere Stiefel communicirt dann mit der nach dem Hahnende verlaufenden Durchbohrung. Hier kommt es nun darauf an, dass die Saugröhre gerade da in dem Körper, welcher den Hahn enthält, mündet, wo die gerade durch den Hahn gehende Durchbohrung angebracht ist, und es leuchtet ein, dass dann der zweite Stiefel mit der Saugröhre und dem Recipienten communicirt. Wird bei dieser Stellung der Kolben des ersten Stiefels herabgedrückt, der des zweiten emporgezogen, so saugt der letztere, während jener die in ihm enthaltene Luft nach aussen entfernt. Hat der erste Kolben seine niedrigste, also der zweite seine höchste Stellung eingenommen und wird der Hahn um

180 Grad gedreht, so ist die Lage des Hahnes der Art, dass nun der erste Stiefel mit dem Recipienten und der zweite mit der äusseren Luft in Verbindung steht, und es wird daher jetzt der erste Stiefel saugen, während der zweite sich entleert. — Es entsteht bei dieser Einrichtung ein grösserer schädlicher Raum, als bei der vorher für die einstiefelige Hahnluftpumpe angegebenen Einrichtung. Die nachtheilige Wirkung dieses Raumes zu verringern, sind mehrere Vorschläge gemacht und ausgeführt worden. Es empfiehlt sich hier wegen seiner Einfachheit namentlich der Grassmann'sche Hahn (s. Art. Hahn, Grassmann'scher); complicirter ist die von Babinet angegebene Einrichtung (s. Art. Hahn, Babinet's).

Die Ventilluftpumpe zu Compression zu verwenden, verlangt eine andere Lage der Ventile. Daher ist eine solche Pumpe nur für einen Zweck benutzbar. Die Hahnluftpumpe lässt sich sowohl zu Luftverdichtung, wie zu Luftverdünnung benutzen. Bei der einstiefeligen Luftpumpe stellt man den Hahn so, dass der Stiefel mit der Luft communicirt, in welchem Falle der Recipient abgesperrt ist; zieht den Kolben empor; dreht dann den Hahn, so dass Stiefel und Recipient verbunden sind, und drückt den Kolben herab. Hierauf giebt man dem Hahne wieder die erste Stellung und arbeitet in der angegebenen Weise weiter. Soll die comprimirte Luft aus dem Recipienten entfernt werden, so dreht man den Hahn so, dass das Saugrohr mit der äusseren Luft in Verbindung steht. — Bei der zweistiefeligen Luftpumpe ist der Hergang derselbe. Der Kolben desjenigen Stiefels, welcher mit der Luft communicirt, wird emporgezogen und der andere niedergedrückt. — Es versteht sich von selbst, dass bei einer Luftverdichtung im Recipienten dieser durch besondere Vorrichtungen mit dem Teller in feste Verbindung zu bringen ist. Um die Luftverdichtung zu zeigen, empfiehlt es sich, einen Gummiball an das am Teller endende Saugrohr zu befestigen und denselben durch die Luftpumpe aufzutreiben. Ebenso eignet sich ein Apparat dazu, welcher zur Erläuterung des Aneroidbarometers (s. Art. Barometer gegen Ende) dient und aus einer fast zum Kreis sich schliessenden Röhre aus dünnem Bleche besteht, die in ihrer Mitte auf das Ende des Saugrohres aufgeschraubt werden kann.

Ein nicht unwesentlicher Nebenapparat der Luftpumpe ist ein an der Saugröhre gewöhnlich angebrachtes verkürztes Barometer, die Barometerprobe, ein Heberbarometer mit zwei Schenkeln von etwa 12 Zoll Länge, von denen der geschlossene luftleer und daher in gewöhnlicher Luft bis oben mit Quecksilber gefüllt ist. Ist die Luftverdünnung soweit vorgeschritten, dass die im Recipienten noch vorhandene Luft nicht mehr im Stande ist, das Quecksilber in dem vollen Schenkel emporzudrücken, so beginnt dies daselbst zu fallen und im offenen Schenkel zu steigen. Man erkennt an diesem Barometer erstens nach wenigen Kolbenspielen, ob bei den Versuchen gehöriger Verschluss ist oder nicht, und zweitens



kann man den Grad der Verdünnung beurtheilen, der erreicht wurde. Steht das Barometer zur Zeit eines Versuches auf 28 Zoll und zeigt die Barometerprobe nur noch 1 Zoll Unterschied in den Quecksilberniveaus, so beträgt die Dichtigkeit der Luft im Recipienten nur $^1/_{28}$ der äusseren; bei $^1/_2$ Zoll der Barometerprobe nur $^1/_{56}$ u. s. f. Mit den besten Luftpumpen kann man etwa noch $^1/_{12}$ Zoll in der Barometerprobe erreichen und dann wäre die Verdünnung bis auf $^1/_{336}$ getrieben.

Erfinder der Luftpumpe ist Otto von Guericke, Bürgermeister zu Magdeburg. Die Entdeckung des Luftdruckes durch Torricelli 1645 gab die Veranlassung. Bereits 1654 erregte Guericke grosses Aufsehen mit seinen Versuchen vor dem Kaiser und versammelten Fürsten auf dem Reichstage zu Regensburg. Robert Boyle brachte die ersten Verbesserungen an der Luftpumpe an, namentlich die Kolbenstange durch ein Getriebe zu bewegen. Dionysius Papin 1674 führte den Teller ein. Senguerd 1685 erfand den doppelt durchbohrten Hahn der einstiefeligen Luftpumpe, der auch gewöhnlich nach ihm benannt wird. Eine zweistiefelige Luftpumpe construirte um 1709 Hawskbee. Einstiefelige Luftpumpen mit doppelter Wirkung herzustellen unternahm zuerst 1791 Schrader, doch sind diese nicht recht in Gebrauch gekommen. Andere Einrichtungen können wir hier übergehen, da sie von minderem Belange sind. Ebenso genügt es wegen der hydraulischen Luftpumpe auf Art. Quecksilberluftpumpe zu verweisen.

C. Von den mit der Luftpumpe anzustellenden Experimenten erwähnen wir nur einige.

Die Guericke'schen Halbkugeln (s. Art. Halbkugeln, Guericke'sche). — Man binde eine aufgeweichte Blase, ohne sie aufzublasen, luftdicht zu und bringe sie unter den Recipienten, so dehnt sie sich bei Verdünnung aus, als ob sie mit Gewalt aufgeblasen würde. — Eine als Heronsball eingerichtete kleine Flasche giebt unter dem Recipienten bei Luftverdünnung einen Wasserstrahl. — Setzt man auf den Teller luftdicht einen unten und oben offenen Metallcylinder und bedeckt ihn luftdicht mit einer Glasscheibe, so wird die Scheibe bei hinreichender Luftverdünnung gesprengt. — Eine statt der Glasscheibe übergespannte aufgeweichte Blase wird kesselförmig eingedrückt. — Nimmt man einen oben offenen starken Glasrecipienten und setzt auf denselben luftdicht einen aus einem Stücke gedrehten Holzbehälter, so wird Quecksilber, mit welchem man denselben füllt, beim Auspumpen der Luft durch den Boden des Behälters hindurchgetrieben und bildet den sogenannten Quecksilberregen. — Stellt man unter den Recipienten in einem Weinglase ein Ei, in dessen spitzem, nach unten gestellten Ende eine kleine Oeffnung angebracht ist, so wird beim Auspumpen der Inhalt des Eies aus der kleinen Oeffnung durch den Druck der am stumpfen Ende des Eies eingeschlossenen Luft ausgetrieben. — Lauwarmes Wasser zeigt beim Auspumpen unter dem Recipienten die Erscheinung des

Kochens; ebenso Schwefeläther ohne erwärmt zu sein. — Unter dem Recipienten hört man den Schall einer Glocke nicht mehr oder nur äusserst schwach, wenn die Luft verdünnt wird. — Ein von Luft möglichst leer gemachtes Gefäss (ein grosser Glasballon) wiegt weniger, als wenn er mit Luft gefüllt ist. — Ein grosser und ein kleiner Körper, z. B. eine verschlossene hohle Glaskugel und eine Metallkugel, die an einem Waagebalken im Gleichgewichte stehen, zeigen unter dem Recipienten an demselben dies nicht mehr, und zwar bekommt der grosse Körper um so mehr das Uebergewicht, je mehr die Luft verdünnt wird. — In stark verdünnter Luft (in einem langen Glasrecipienten — Fallröhre (s. d. Art.) —) fallen alle Körper gleich schnell, z. B. eine kleine Feder, ein Stückchen Papier und ein Geldstück. — Künstliche Eisbereitung durch Verdunstung von Schwefeläther oder von Ammoniak (s. Art. Kältemischung).

In Bezug auf Luftverdichtung sind einige Versuche bereits im Verlaufe dieses Artikels angegeben.

D. An Dampfmaschinen, welche mit einem Condensator versehen sind, findet sich eine sogenannte Luftpumpe, die aber eigentlich zu den Wasserpumpen gehört. In dem Condensator wird der Dampf mittelst des Injectionswassers abgeschreckt und in Wasser verwandelt, abgesehen von der äusseren Abkühlung des Condensators, indem er selbst unmittelbar in der Kaltwassercisterne steht. Das condensirte Wasser wird durch eine Pumpe aus dem Condensator herausgefördert und gleichzeitig mit dem Wasser alles, was sich in demselben an Luft, Gas und Dampf sonst noch ansammelt. Das aus dem Condensator durch diese Pumpe geschöpfte Wasser ist warm und wird durch dieselbe Pumpe in die Warmwassercisterne gepresst.

Luftpumpe, hydraulische, s. Art. Quecksilberluftpumpe.

Luftpumpenbarometer, s. Art. Barometerprobe.

Luftpyrometer ist ein Pyrometer (s. d. Art.), welches aus einem sphäroidischen, hohlen Körper von Platin besteht, der mit einer feinen Röhre versehen ist, aus welcher die Luft bei der Erhitzung entweicht. Nach der Erkaltung zieht sich die zurückgebliebene Luft wieder zusammen und man kann alsdann aus der verschwundenen über Quecksilber aufgefangenen Luftmenge die Temperatur berechnen, welche das Instrument angenommen hatte. Die Einrichtung, welche Pouillet dem Luftpyrometer gegeben hat, ist die zweckmässigste (vergl. Poggend. Annal. Bd. 39, S. 567).

Luftreiniger, s. Radventilator.

Luftreise. / **Luftschifffahrt.** Die Erfindung des Luftballons regte den Gedanken an, denselben zum Reisen zu benutzen oder wenigstens in demselben Fahrten zu machen. Dass der Mensch von jeher den Wunsch gehegt hat, den Vögeln gleich in der Luft herum-

fliegen zu können, zeigt schon die Sage von Dädalus und Icarus. Mit dem Luftballon schien der Wunsch der Erfüllung nahe gebracht zu sein. Pilatre de Rozier war der Erste, welcher sich einem Luftballon anvertraute; der Ballon wurde jedoch noch an einem Seile gehalten. Bald darauf stieg derselbe Pilatre de Rozier mit dem Marquis d'Arlandes in einer freien Montgolfière auf und sie kamen auch glücklich wieder nieder (21. Novbr. 1783). Charles und Robert folgten dem Beispiele (1. Decbr. 1783) in einer Charlière ebenfalls mit Glück. Hierauf nahmen die Luftfahrten schnell zu. Am 7. Januar 1785 wagte der Franzose Blanchard mit dem Amerikaner Jefferies schon eine Reise über den Canal von Dover nach Calais. Am 15. Juni 1785 verunglückten Pilatre de Rozier und Romain mit einer Montgolfière, die in Brand gerieth. Um bei Gefahr herabzustürzen das Leben zu retten, kam der Fallschirm (s. d. Art.) in Gebrauch, den bereits 1783 La Normand einer Untersuchung unterworfen hatte. Ohne auf die mannigfachen, zum grössten Theile nur der Schaulust dienenden Luftfahrten einzugehen, erwähnen wir nur, dass in Frankreich eine Aëronautenschule errichtet wurde; dass die Franzosen in der Schlacht bei Fleurus einen von Pferden gehaltenen Luftballon benutzten, in dessen Gondel Officiere die Oesterreicher beobachteten und die betreffenden Mittheilungen am Tane auf mit Blei beschwerten Zetteln herabschickten: dass am 24. August 1804 Biot und Gay-Lussac eine Luftfahrt in wissenschaftlichem Interesse unternahmen und dass am 16. Septbr. desselben Jahres Gay-Lussac dieselbe wiederholte, wobei er bis zu einer Höhe von 3600 Toisen gelangte; dass Barral und Bixio, nachdem sie am 29. Juni 1850 von Paris aus eine missglückte Fahrt unternommen hatten, am 27. Juli desselben Jahres eine wegen der dabei obwaltenden abnormen Witterungsverhältnisse an interessanten Resultaten reiche Fahrt ausgeführt haben; dass im Jahre 1852 von der Committé der Sternwarte zu Kew unter der Präsidentschaft des Colonel Sykes zu wissenschaftlichen Zwecken Luftschifffahrten veranstaltet worden sind, von denen die erste am 17. Aug., die zweite am 26. Aug., die dritte am 21. Oct. stattfand. Trotzdem nun seit der Erfindung des Luftballons 80 Jahre vergangen sind, hat man doch nicht erreicht, was man erwartete, und zwar weil es noch nicht gelungen ist, den Ballon zu steuern.

Der Gedanke, den ruhenden Luftballon durch Ruderflügel zu bewegen, lag nahe und schon Blanchard, die Gebrüder Robert und Graf Zambeccari haben in dieser Richtung Versuche angestellt, aber ohne ein günstiges Resultat zu erzielen. Zambeccari gebührt das Verdienst, die verticale Steuerung durch eine Montgolfière erwiesen zu haben. Er bediente sich eines Ballons, der oben aus einer Charlière und unten aus einer Montgolfière bestand, also eine Carolo-Montgolfière war. Das Anzünden einer einzigen Spiritusflamme genügte (22. Aug. 1804), den Ballon in wenigen Secunden zu höherem Steigen zu bringen.

während das Auslöschen desselben ihn nach etwa einer Minute zum Sinken brachte. Die Regelung der verticalen Bewegung einer Carolo-Montgolfière ist also hinreichend in die Hand des Luftschiffers gegeben. Könnte man das Drehen des Ballons verhindern, so wäre es auch möglich, die verticale Bewegung mit der Luftströmung zu einer horizontalen, etwa mit Hilfe eines Segels, zu combiniren. Dies ist aber nicht zu erreichen. Der Ballon schwebt in der Luft und wird von ihr fortgeführt mit der Geschwindigkeit, welche sie selbst besitzt, so dass der Luftschiffer von der Bewegung der Luft, falls sie nur gleichmässig ist, gar nichts merkt. Deshalb können Segel nichts nützen. Eine Möglichkeit nach einer bestimmten Richtung zu fahren wäre gegeben, wenn man darauf rechnen könnte, in irgend einer Höhe eine Luftströmung zu finden, welche nach der betreffenden Gegend hingeht. Dann brauchte man sich nur vertical bis zu dieser Region zu erheben und in der Strömung zu erhalten. Selten wird man aber gerade eine Strömung antreffen, wie sie gebraucht wird, und daher bleibt auch dies Mittel ein sehr beschränktes. Eine von der Windrichtung abweichende Bewegung dem Ballon zu ertheilen wird nur durch mechanische Mittel gelingen, und in dieser Beziehung glaube ich selbst das einzig wirksame Mittel in Poggendorff's Annalen angegeben zu haben, nämlich die Wirkung der Raketen zu benutzen. Ich habe vorgeschlagen, Raketen mit fester Kohlensäure zu füllen, diese an der Gondel anzubringen, so dass deren zwei parallel an einer um ein Centrum drehbaren Axe befestigt sind, und die Reaction derselben zu benutzen, wo eine von der Windrichtung abweichende Richtung einzuschlagen ist. Man würde diese Raketen also nicht fortwährend wirken lassen, sondern nur in der Nähe des zu erreichenden Ortes, während man für die Hauptfahrt einen günstigen Wind abwarten müsste, wie dies bei der Segelschifffahrt ebenfalls nöthig ist. Vergl. Rakete.

Luftschweremesser, s. Art. Barometer.

Luftspiegelung ist ein Phänomen, welches bei einem unregelmässigen Zustande der Atmosphäre eintritt und darin besteht, dass Gegenstände, die sich unter dem Horizonte befinden, sichtbar, also gewissermassen gehoben werden, oder dass über dem Horizonte befindliche Gegenstände doppelt, verzerrt, umgekehrt, in der Luft schwebend etc. erscheinen. Am häufigsten ist die Luftspiegelung über weiten Ebenen, namentlich über grösseren Sandflächen und über Gewässern.

Die deutschen Seeleute nennen das Phänomen Kimmung, die englischen Looming, die holländischen Uppdracht, die französischen mirage. In Indien nennt man die Luftspiegelung Chiltram, d. h. Bild, oder Sikota, d. h. Schlösser der kalten Zeit; bei den Arabern heisst sie Sehrab, d. h. geheimnissvolles Wasser, auch Bacher el Alfrid, d. h. See des Teufels, oder Bacher el Gazal.

Am bekanntesten ist die Erscheinung geworden durch die fran-



zösische Expedition nach Aegypten 1798, wo Monge dieselbe einer wissenschaftlichen Behandlung unterwarf, wiewohl schon vorher Büsch (1783), Gruber (1787) und in Amerika Andrew Ellicot (1787) dem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit geschenkt hatten. Um die Erscheinung näher zu charakterisiren, theilen wir zunächst mit, wie dieselbe in Aegypten auftrat.

Der Boden von Unter-Aegypten bildet eine vollkommen horizontale Ebene, deren Einförmigkeit nur durch wenig erhöhte Hügel unterbrochen wird, auf welchen Dörfer liegen, die auf diese Weise gegen die Ueberschwemmungen des Nils geschützt sind. Am Morgen und Abend erscheinen die Gegenstände in ihrer natürlichen Lage und Entfernung; wenn aber die Oberfläche des Bodens durch die Sonne stark erhitzt worden ist, so scheint in der Ferne das Land von einer grossen Wassermasse bedeckt zu sein. Die Dörfer erscheinen als Inseln in einem grossen See und unter jedem Dorfe wird sein umgekehrtes Bild sichtbar, ein Bild, welches um so täuschender ist, da der feste Boden verschwimmt und selbst das Himmelsgewölbe sich wie in einer Wassermasse spiegelt. Die französischen Soldaten, in der sengenden Hitze von Durst gequält, rechneten auf Erquickung und Labung beim Anblicke dieser grossen, klaren Wassermasse, in welcher Dörfer und Palmen sich spiegelten; aber je näher man kam, desto mehr entfernten sich die Grenzen dieser scheinbaren Ueberschwemmung; der um das Dorf liegende See zog sich zusammen, endlich verschwand er ganz und die Täuschung wiederholte sich bei einem entfernter liegenden Dorfe.

Wenn eine Luftspiegelung in der eben angegebenen Weise stattfinden soll, wenn wir also unter dem Gegenstande sein verkehrtes Bild sehen wollen, so ist jedesmal erforderlich, dass die Temperatur in der Nähe des Bodens bedeutend wärmer sei als in einiger Höhe, und dass das Auge des Beobachters sich über der vorzugsweise erwärmten Schicht befindet. Die Erklärung beruht dann darauf, dass ein Lichtstrahl bei dem Uebergange aus einem Mittel in ein anderes weniger dichtes sich von dem Einfallslothe entfernt, und dass in solchem Falle, wenn der Grenzwinkel überschritten wird, statt der Brechung Reflexion, d. h. Spiegelung eintritt (s. Art. Brechung. A. I.). Dringt nun ein Lichtstrahl nach und nach in immer wärmere, also in immer weniger dichte Luftschichten, so tritt, je mehr er sich dem Boden nähert, ein Moment ein, bei welchem der Strahl zu schräg auffällt, als dass er noch gebrochen werden könnte, so dass nun der Strahl reflectirt wird, wieder empor geht und dabei in dichtere Schichten eindringend in das Auge eines über die warme Schicht hinausragenden Beobachters gelangen kann, so dass dieser nun zwei Bilder erblickt, nämlich eines aufrecht und wirklich oder reell, erzeugt durch die direct kommenden Strahlen, das andere umgekehrt und nur scheinbar oder unreell, gebildet von den Strahlen, welche auf die eben angegebene Weise reflectirt wurden.

Die Luftspiegelung tritt nicht immer in der angegebenen Regelmässigkeit auf: bald zeigt sich das zweite Bild unter dem wahren; bald sieht man beide Bilder neben oder vor einander, in einigen Fällen in einander fliessend, in anderen weit von einander abstehend; bald sind die Bilder wie in der Luft schwebend. Es lassen sich alle diese bizarren und seltsamen Refractionsspiele durch auf- und absteigende Luftströme, ebenso wie durch Ungleichheiten in der Dichte und der Temperatur der Luftschichten erklären.

Als ein interessantes Beispiel erwähnen wir noch folgendes: Von Ramsgate aus sieht man bei gutem Wetter die Spitzen der vier höchsten Thürme des Schlosses von Dover, während der Rest des Gebäudes von einem Hügel verdeckt wird. Am 6. August 1806, abends gegen 7 Uhr, erblickte Vince nicht nur wie gewöhnlich die vier Schlossthürme, sondern das ganze Schloss in allen seinen Theilen bis zum Boden hin; auch sah es aus, als ob es auf der Ramsgate zu liegenden Seite des Hügels sich befände.

In den Polargegenden zeigt sich die Luftspiegelung unter anderen Bedingungen als in den heissen Gegenden ebenfalls unter den seltsamsten Formen. Scoresby hat namentlich viele Luftspiegelungen in den Gewässern Grönlands zu beobachten Gelegenheit gehabt. Einmal erblickte er das deutliche verkehrte Bild eines Schiffes am klaren Himmel, während das Schiff selbst jenseits des Horizontes war. Das Bild war so scharf begrenzt, dass Scoresby, als er es mit einem Fernrohre betrachtete, jedes Segel, die ganze Gestalt des Schiffes und die eigenthümliche Bauart desselben unterscheiden konnte und es als das Schiff seines Vaters erkannte, welches, wie sich hinterher durch Vergleichung der Schiffsrechnung ergab, nahe 30 Seemeilen entfernt und etwa 17 Meilen jenseits des eigentlichen Horizontes, jedenfalls mehrere Meilen jenseits der Grenze des unmittelbaren Sehens war. Ist die Oberfläche der See bei sonst hellem Wetter viel kälter als die atmosphärische Luft, so wird die der See nächste Luftschicht vorzugsweise kalt und die Dichtigkeit der Luft nimmt von der See an aufwärts in stärkerem Masse als gewöhnlich ab. Befindet sich nun das Auge eines Beobachters in der kalten Schicht, so ist es möglich, dass von einem ebenfalls in der kalten Schicht befindlichen Gegenstande Lichtstrahlen so in dasselbe gelangen, dass dadurch ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes oberhalb desselben in der Luft zum Vorschein kommt. Die von dem Gegenstande ausgehenden, schräg nach oben gerichteten Lichtstrahlen treten nämlich in immer dünnere Luftschichten und es tritt nun derselbe Vorgang, nur nach oben hin ein, wie im ersten Falle nach unten. Es ist sogar möglich, dass man oberhalb des umgekehrten Bildes noch ein zweites Bild erblickt, welches den Gegenstand in seiner natürlichen Stellung zeigt.

Seit man auf die Luftspiegelung aufmerksamer geworden ist, hat



man die Erscheinung sehr häufig wahrgenommen, sogar Bixio bei seiner Luftfahrt (s. Art. Luftschifffahrt) vom Luftballon aus über den Wolken. Ich selbst habe einmal eine der selteneren Arten nach einem starken Gewitter an der Sonne wahrgenommen (29. Juli 1855). Mein Schatten und der meiner Begleiter war doppelt und als wir uns umkehrten, erblickten wir zwei helle klare Sonnen vertical übereinander, etwas über einen Sonnendurchmesser von einander abstehend. Die Sonne stand schon niedrig und die untere Luftschicht, in welcher wir auf einer Höhe standen, war nach dem Regen stark abgekühlt (Poggend. Annal. Bd. 98, S. 642). Eine ähnliche Erscheinung haben, so weit es mir bekannt ist, nur Biot und Arago bei der von ihnen in Spanien ausgeführten Gradmessung beobachtet, indem sie das Licht der Signal-Reverberen doppelt, mitunter sogar dreifach und vierfach vertical übereinander im Fernrohre wahrnahmen.

Auf Einzelheiten besonderer Fälle können wir hier nicht eingehen; es muss hier das allgemeine Princip, auf welchem die Erscheinung beruht, genügen. Wegen der Fata Morgana vergl. den besonderen Artikel; ausserdem enthält Artikel Strahlenbrechung, astronomische, noch Einiges.

Luftständer nennt man den Luftbehälter bei Wasserleitungen, in welchem sich die im Wasser enthaltene Luft ansammelt. Bei Röhrenleitungen sammelt sich die Luft in den rückenförmigen Krümmungen an, da sie nach oben steigt. Das Wasser kann hierdurch vollständig am Fliessen gehindert werden und daher ist die Luft von Zeit zu Zeit zu entfernen. Man bringt an der höchsten Stelle der Krümmung einen durch einen Hahn absperrbaren Behälter an, der oben einen luftdicht aufgeschraubten Deckel hat. Ist die Leitung im Gange, so ist der Hahn geöffnet; soll aber der Luftständer in Ordnung gebracht werden, so wird er geschlossen, der Deckel geöffnet und Wasser eingefüllt, hierauf der Deckel wieder aufgesetzt und der Hahn geöffnet.

Luftstrom, s. Art. Wind und Ausfluss. B.

Lufttemperatur, s. Art. Isothermen und Klima. Hier bemerken wir nur noch, dass die Temperatur der Luft an einem schattigen Orte und nicht unter Bestrahlung des Thermometers durch die Sonne gemessen werden muss.

Luftthermometer heisst ein Thermometer (s. d. Art.), dessen thermometrische Substanz Luft ist. Ein solches war das Drebbel'sche Thermometer, welches aus einer an dem einen Ende mit einer Kugel versehenen Glasröhre bestand, die mit der Oeffnung in einem Gefässe mit Flüssigkeit stand, so dass sie selbst noch theilweis mit derselben gefüllt war. Wurde die Luft in der Kugel erwärmt, so erniedrigte sich der Stand der Flüssigkeit in der Röhre, wurde die Luft hingegen abgekühlt, so erhöhte sich derselbe. Ein zweites derartiges Instrument war das Fludd'sche, bei welchem eine eben solche Röhre unten umgebogen

in eine Erweiterung endigte, ähnlich dem Phiolenbarometer. Die Wirkung war dieselbe. Beide Instrumente sind unbrauchbar, da sie dem Drucke der Luft unterworfen sind, von dem man allerdings bei ihrer Erfindung noch nichts wusste. Das erste wahre Luftthermometer nach Kenntniss des äusseren Luftdrucks war von Amontons. Es war ein Phiolenbarometer, aber die Röhre ist nicht geschlossen, wohl aber die noch mit Luft gefüllte Kugel. Dies Instrument war seit 1702 bekannt, aber wegen seiner Länge von über 28 Zoll sehr unbequem; überdies veränderte sich auch an ihm der Stand nicht blos mit der Temperatur, sondern auch mit dem Luftdrucke. Deshalb trug Amontons die Scala desselben, welche dem Luftvolumen unmittelbar proportional sein sollte, auf ein Weingeistthermometer. — Das Luftthermometer verdient eigentlich vor allen anderen in seinen Angaben den Vorzug, da man für die verhältnissmässig engen Grenzen, innerhalb deren sich die Temperatur an der Erdoberfläche bewegt, die Ausdehnung der Gase allein durch die Wärme bedingt annehmen kann und man also in derselben ein genaues Mass für die Wärmeveränderungen hat. Die Angabe des Luftthermometers, oder die scheinbare Ausdehnung der Luft in einem sich nach einem eigenen Gesetze ausdehnenden Glasgefässe, würde also nur wegen der Ausdehnung des Glasgefässes zu corrigiren sein, um wahren Thermometergraden zu entsprechen, da man den Einfluss des veränderlichen Luftdrucks durch Verschliessung des Instrumentes beseitigen kann. Da man der Bequemlichkeit wegen Weingeist- und Quecksilberthermometer doch vorzieht, so ist eigentlich bei diesen eine Reduction auf Grade des Luftthermometers nöthig. Eine solche Vergleichung giebt für das Quecksilberthermometer nach Regnault folgende Resultate:

Thermometer		Thermometer	
Luft	Quecksilber	Luft	Quecksilber
0°	0°	250	250,3
50	50,2	300	301,2
100	100,0	325	326,9
150	150,0	350	353,3
200	200,0		

Es eilt also das Quecksilberthermometer dem Luftthermometer erst bei höheren Graden beträchtlich vor. Weingeistthermometer, die mit Weingeist von 36° B. oder mit reinerem von 40° gefüllt sind, haben nach Pouillet unter dem Gefrierpunkte einen regelmässigen und mit dem Luftthermometer vollkommen übereinstimmenden Gang.

Luftventil nennt man ein Sicherheitsventil, welches das Zerdrücken eines Dampfkessels oder eines Ofens bei der Dampfheizung durch den äusseren Atmosphärendruck bei eintretender Abkühlung verhindern soll. Das Luftventil öffnet sich nach innen, so dass Luft von aussen einströmen kann. Bei Dampfkesseln kommen sie nur bei Niederdruckkesseln mit sehr schwachen Wänden und sehr labiler Form vor.

Luftverdichtung } s. Art. Luftpumpe.
Luftverdünnung }

Luftwaage wird hier und da das Barometer (s. d. Art.) genannt.

Luftwiderstand nennt man den Kraftaufwand oder Kraftverlust, welcher sich bei der Bewegung eines Körpers in der Luft geltend macht, um die Lufttheilchen aus ihrer Stelle zu schieben. Es zeigt sich dieser Widerstand z. B. in dem ungleich schnellen Fallen von Körpern, die gleiches Volumen, aber verschiedene Dichtigkeit besitzen, während sie im leeren Raume mit gleicher Geschwindigkeit sich bewegen, da die Schwerkraft für alle Körper gleich gross ist, indem im lufterfüllten Raume der Kraftverlust zwar gleich ist, aber der Rest an bewegender Kraft bei dem dichteren Körper grösser bleibt. Ebenso ist dieser Widerstand die Ursache davon, dass ein vertical aufwärts geworfener Körper nicht so hoch steigt, als er theoretisch steigen müsste, und dass er nicht mit seiner Anfangsgeschwindigkeit wieder unten ankommt. Ebenso ist die Abweichung der ballistischen Curve von der Parabel hierin bedingt etc. Es gelten für den Widerstand der Luft im Allgemeinen dieselben Gesetze wie für tropfbarflüssige Körper (vergl. Widerstand des Mittels) und erwähnen wir hier nur, dass der Widerstand der Luft sich im Quadrate der Geschwindigkeit steigert. Hierin hat z. B. die Erscheinung ihren Grund, dass ein fallender Körper, obgleich er in Folge der anfangs grösser werdenden Geschwindigkeit eine grössere bewegende Kraft erhält, doch immermehr — wenn er nur einen ausreichenden Fallraum durchfällt — eine gleichförmige Bewegung annimmt. Hierauf beruht der Nutzen des Fallschirms (s. d. Art.).

Luftzünder, eine Substanz, die sich von selbst an der Luft entzündet. Vergl. Art. Pyrophor.

Luftzug. Vergl. wegen des Luftzuges im Schornsteine Art. Heizung. Die Strömung der Luft wird durch Temperaturverschiedenheit herbeigeführt, wie man sich zur Winterszeit in einer Thür, welche ein geheiztes und kaltes Zimmer verbindet, überzeugen kann, indem im oberen Theile derselben die Flamme einer Kerze nach dem kalten und im unteren Theile nach dem warmen Zimmer hin abgelenkt wird, weil oben die warme Luft zu dem kalten Zimmer abfliesst und unten die kalte Luft in das warme Zimmer einströmt.

Lunula oder Meniscus nennt man häufig ein concav-convexes Linsenglas (s. d. Art.), weil es im Profil mit der Mondsichel Aehnlichkeit hat.

Lupe s. Art. Loupe.

Lutiren heisst kitten.

Lutum bedeutet Kitt (s. d. Art.).

Lydischer Stein, eine Varietät des Kieselschiefers, die als Probirstein verwendet wird.

Lynkurer heisst bei Theophrast von Eresus ein Stein, der ebenso wie der Bernstein electrisch sich verhalten soll. Es ist unter diesem Namen unser Hyacinth verstanden.

M.

Maass, s. Art. Mass.

Maceriren heisst weich oder mürbe machen. Man nennt maceriren namentlich das Einweichen von Substanzen in einer Flüssigkeit ohne Temperaturerhöhung, um eine Extraction zu bewirken.

Maelstrom, s. Art. Mahlstrom.

Mäuseregen beruht wohl auf einer Täuschung, und dürfte das zu manchen Zeiten schaarenweise Vorkommen der Mäuse auf den Feldern dazu Veranlassung gegeben haben, wo sie wie herabgeregnet sich einstellen.

Magazin, magnetisches, nennt man eine Vereinigung von Magnetstäben oder Hufeisenmagneten, so dass sie in ihrer Gesammtwirkung einen einzigen stärkeren Magnet vertreten. Bildet man ein solches Magazin aus Hufeisenmagneten, so legt man einen Hufeisenmagnet zwischen zwei ganz gleichgestaltete, aber in den Schenkeln etwas kürzere, auf jeden von diesen wieder einen noch kürzeren u. s. f. Diese einzelnen Magnete nennt man Lamellen. Durch messingene Schrauben oder Bänder wird das Ganze zusammengehalten. Hierbei kommt es darauf an, dass die einzelnen Lamellen unter einander in möglichst genaue Berührung kommen. — Magazine aus Stäben macht man in ähnlicher Weise, indem man sie auch durch messingene Bänder vereinigt, oder man hält sie an ihren Enden durch vorgelegte Schuhe von weichem Eisen zusammen. Den mittelsten Stab macht man auch hier gewöhnlich am längsten.

Magdeburger oder Guericke'sche Halbkugeln, s. Art. Halbkugeln.

Magie, natürliche, s. Art. Zauberkunst.

Magistral, s. Art. Mistral.

Magnet heisst ein Körper, welcher Eisenfeile und bei stärkerer Kraft selbst grössere Eisenstücke anzieht und nach eingetretener Berührung festhält, ausserdem aber bei freier Beweglichkeit, sobald er zur Ruhe gekommen ist, eine bestimmte Lage gegen die Himmelsgegenden annimmt. Schon im Alterthume kannte man die magnetische Einwirkung auf Eisen. An dem sogenannten Magneteisensteine, einem



Eisenerze und zwar Eisenoxyduloxyd, soll man zuerst die Wahrnehmung gemacht haben, und da diese Beobachtung zuerst an dem in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien vorkommenden Steine geschehen sein soll so schreibt man daher auch das Wort Magnet. Dieser Stein findet sich in allen Erdtheilen, namentlich in Schweden in grosser Menge, doch muss er erst längere Zeit der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen sein, wenn er die magnetische Kraft äussern soll. Einen so ohne künstliche Behandlung mit der magnetischen Kraft begabten Körper nennt man einen natürlichen Magnet, während ein künstlicher Magnet erst durch eine gewisse Behandlung, durch das sogenannte Magnetisiren (s. d. Art.), mit der magnetischen Kraft ausgerüstet wird. Künstliche Magnete verfertigt man gewöhnlich aus gehärtetem Stahle und giebt ihnen die Form von Stäben oder Hufeisen. Wegen der sonstigen Phänomene, die man an den Magneten beobachtet hat, vergl. Art. Magnetismus.

Magnet, ceylonscher, ist nichts anderes, als der sich durch seine thermoelectrischen Eigenschaften auszeichnende Turmalin (s. d. Art.).

Magnet, temporärer, s. Art. Electromagnet und Electrodynamik. B.

Magnetaxe heisst die gerade Linie, welche den Nord- und Südpol eines Magnets verbindet.

Magneteisenstein ist ein Eisenerz, nämlich Eisenoxyduloxyd, welches sich dadurch auszeichnet, dass es durch langes Liegen in der atmosphärischen Luft magnetische Kräfte erhält. Vergl. Art. Magnet.

Magnetelectricität, s. Art. Magnetoelectricität.

Magnetimeter, s. Art. Magnetometer.

Magnetisch, dem Einflusse des Magnetismus unterworfen. Vergl. die Artikel, auf welche sich die nähere Bezeichnung bezieht, z. B. Declination, Neigung, Magazin etc.

Magnetiseur, s. Art. Mesmerismus.

Magnetisiren | **Magnetisirung** } nennt man das Verfahren, welches man bei der Herstellung künstlicher Magnete oder überhaupt zur Hervorbringung magnetischer Einwirkungen befolgt. Es giebt der Methoden mehrere. — Das Magnetisiren durch den sogenannten einfachen Strich besteht darin, dass man den einen Pol eines Magnets, z. B. den Nordpol, auf die Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes setzt und damit bis an das Ende oder noch etwas darüber hinaus streicht. Dies wiederholt man öfter, und behandelt dann ebenso die andere Hälfte mit dem anderen Pole (Südpole) des Magnets. Es ist stets nach derselben Richtung zu streichen. Das Ende, welches mit dem Nordpole gestrichen wurde, erhält hierbei den Südpol und das andere den Nordpol. — Der Doppelstrich (s. d. Art.) besteht darin, dass man auf die Mitte des zu magnetisirenden Stabes die ungleichnamigen Pole zweier

Magnete so aufstellt, dass zwischen ihnen noch ein kleiner Abstand sich befindet, den man leicht durch ein Stückchen Holz oder Blei unverändert erhalten kann. Man bewegt hierauf beide Pole nach demselben Ende hin und ohne abzusetzen wieder zurück bis an das andere Ende. Dies Hin- und Herstreichen wiederholt man mehrmals und hebt in der Mitte zuletzt die Pole schnell ab. Auch ein Hufeisenmagnet, dessen Pole nahe aneinander stehen, ist zur Ausführung bequem. Vortheilhaft ist es bei dem Doppelstriche mit Magnetstäben, diesen gegen den zu magnetisirenden Stab eine Neigung von 15—20 Grad zu geben, auch die Enden des Stabes auf weiche Eisenstücke oder noch besser auf die entgegengesetzten Pole zweier kräftiger Magnete zu legen. Um Hufeisenmagnete zu magnetisiren verfährt man ebenso, indem man von der Krümmung aus streicht. — Als eine Abänderung des Doppelstrichs ist der Kreisstrich anzusehen. Bei demselben werden vier Stahlstäbe oder abwechselnd zwei Stahlstäbe und zwei Eisenstäbe so zusammengelegt, dass sie ein Quadrat oder Rechteck bilden. Hierauf setzt man, wie bei dem Doppelstriche, zwei ungleichnamige Magnetpole auf einen Stab und führt sie mehrmals in derselben Richtung ringsherum. Auf dieselbe Weise kann man ein einziges Hufeisen, wenn man einen Anker vorlegt, und zwei mit ihren Endflächen an einander gelegte Hufeisen magnetisiren. Führt man den Kreisstrich auf beiden Seiten des zu magnetisirenden Stabes aus, so ist die Wirkung noch beträchtlicher. — Eine sehr zu empfehlende Methode ist der Hoffer'sche Doppelstrich. Man legt an das zu magnetisirende Hufeisen einen Anker, setzt die beiden Pole des gleich breiten Streichmagnets entweder auf die Enden auf und streicht mit beiden zugleich bis über die Krümmung, oder man setzt bei der Krümmung auf und streicht gegen die Enden. Im ersten Falle sind die Pole des neuen Magnets gleichnamig mit denen des Streichmagnets, im zweiten entgegengesetzt. Sollen Stäbe magnetisirt werden, so legt man an beide Enden Anker und verfährt ebenso. Zehn Striche reichen bei diesem Verfahren aus, während man sonst wohl zwanzig zu machen hat.

Um harten Stahl zu magnetisiren, benutzt man auch den electrischen Strom. Man windet 20—25 Fuss etwa $1\frac{1}{2}$ Linie dicken mit Seide übersponnenen Kupferdraht zu einer Rolle, in welche der zu magnetisirende Stahl bequem passt, so dass eine Drahtrolle von 1 — $1\frac{1}{4}$ Zoll Axenlänge entsteht, steckt diese Rolle auf den Stahl, leitet einen starken Strom durch und führt sie hierauf etwa 20 mal auf dem Stahle wie bei dem Doppelstriche hin und her, wobei man in der Mitte beginnt und aufhört, indem man zu Anfange die Kette schliesst und beim Aufhören plötzlich öffnet. Die Lage der Pole richtet sich (vergl. Electrodynamik) nach der Windung der Rolle.

Durch den Entladungsstrom, den Schlag einer Verstärkungsflasche (s. Flasche, electrische), Stahlnadeln zu magnetisiren, umwickelt

man eine enge etwa 3 Zoll lange Glasröhre dicht mit feinem Kupferdrahte, der mit Seide gut übersponnen ist, steckt ein Stück unmagnetischen Stahldraht von der Länge der Glasröhre, z. B. eine Nähnadel oder ein Stück einer Stricknadel, in dieselbe und entladet eine mässige Flasche durch die Drahtspirale. Die Pole liegen der Ampère'schen Regel gemäss.

Auch dem Sonnenlichte hat man eine magnetisirende Wirkung zuschreiben wollen. Riess und Moser haben in dieser Beziehung die sorgfältigsten Untersuchungen angestellt und sind zu dem Schlusse gekommen, dass der behauptete Einfluss des Sonnenlichtes seinen Grund in den Methoden habe, welche zur Prüfung desselben angewendet worden seien.

Vergl. überdies Magnetismus I. d. und Schluss von I.

Magnetismus bezeichnet den Inbegriff aller magnetischen Erscheinungen, so dass man den Abschnitt in den physikalischen Lehrbüchern, welcher von diesen handelt, mit diesem Namen belegt, aber auch die Ursache der magnetischen Erscheinungen, also die magnetische Kraft.

I. a) Ein Körper, welcher Eisenfeile und bei stärkerer Kraft selbst grössere Eisenstücke anzieht und nach eingetretener Berührung festhält, ausserdem aber bei freier Beweglichkeit, sobald er zur Ruhe gekommen ist, eine bestimmte Lage gegen die Himmelsgegenden annimmt, heisst ein Magnet (s. d. Art.). Man unterscheidet natürliche und künstliche Magnete. Zu jenen gehört der Magneteisenstein; diese werden gewöhnlich aus hartem Stahle gemacht. Ausser diesen Hauptmerkmalen des Magnets zeigen sich bei näherer Untersuchung noch manche andere charakteristische Verhältnisse.

b) Hüllt man einen Magnet in Eisenfeilspähne ein und nimmt ihn dann heraus, so machen sich gewöhnlich zwei Stellen vorzugsweise durch ihre Anziehungskraft bemerkbar. Giebt man dem Magnete freie Beweglichkeit durch Unterstützung auf einer Spitze, oder durch Aufhängen an einem ungedrehten Faden, oder dadurch, dass man ihn auf einer Flüssigkeit schwimmen lässt, so ist es bei eingetretener Ruhe die diese beiden Punkte verbindende gerade Linie, welche gewöhnlich eine Richtung im Allgemeinen von Süden nach Norden annimmt. Man nennt diese gerade Linie die Axe des Magnets oder Magnetaxe, und die beiden auf derselben liegenden Punkte die Pole desselben, namentlich den auf dem nördlichen Theile der Axe liegenden den Nordpol, und den auf dem südlichen liegenden den Südpol. Zu bemerken ist indessen, dass in französischen physikalischen Schriften die Bezeichnung für Nordpol und Südpol — mit Rücksicht auf den Magnetismus der Erde — gerade umgekehrt ist. Die zwischen den beiden Polen auf dem Magnete liegende Stelle ohne Anziehung heisst die Indifferenzstelle. Schleift man die beiden Pole eines Magneteisensteines

glatt, legt an diese Stellen passende Eisenplatten mit einem vorspringenden Stollen und über die letzteren einen Eisenstab, so nennt man den Magnetstein armirt. Biegt man einen künstlichen stabförmigen Magnet (Stabmagnet oder Magnetstab) hufeisenförmig, so dass man an beide Pole ebenfalls einen Eisenstab legen kann, so erhält man einen Hufeisenmagnet. Auf diese Form ist man durch eine Vergleichung der Pole mit den Händen eines Menschen gekommen. Die beiden entgegengesetzt, in eine gerade Linie ausgestreckten Arme stellen den Stabmagnet vor, die beiden nach vorn, einander parallel gehaltenen Arme den Hufeisenmagnet, und wie man mit beiden Händen zugleich mehr halten kann, als mit der einen, so trägt auch der Hufeisenmagnet mit beiden Polen zugleich mehr als der Stabmagnet mit nur einem. Das die beiden Pole eines Hufeisenmagnets verbindende, gewöhnlich mit einem Haken versehene Eisen heisst der Anker des Magnets. Einen kleinen, gewöhnlich auf einer Spitze schwebenden Magnet nennt man eine Magnetnadel.

c) Nähert man irgend einem Pole einer Magnetnadel unmagnetisches Eisen, so bewegt sich der Pol nach diesem hin; nähert man aber den Pol eines Magnets, so stossen sich gleichnamige Pole ab und nur ungleichnamige ziehen sich an, d. h. gleichnamige Pole sind feindschaftlich, ungleichnamige hingegen freundschaftlich. Die Indifferenzstelle verhält sich wie unmagnetisches Eisen.

d) Nähert man einen unmagnetischen Eisenstab einem Pole eines Magnets, oder bringt man ihn mit demselben in Berührung, so wird er ebenfalls magnetisch und zwar so, dass das genäherte Ende einen ungleichnamigen, das abgewendete einen gleichnamigen Pol erhält. Entfernt man das Eisen wieder, so verschwinden die Magnetpole in demselben, wenn nicht ganz, so doch bis auf einen kleinen Rest. Nimmt man Stahl statt des Eisens, so zeigt sich bei Annäherung und Berührung dasselbe, aber nach der Entfernung behält der Stahl die hervorgerufenen Pole, weshalb man die künstlichen Magnete auch nicht aus Eisen, sondern aus Stahl anzufertigen hat. — Man nennt diese Erscheinung die magnetische Vertheilung.

e) Bricht man einen Magnet an der Indifferenzstelle durch, so zeigen sich an der Bruchstelle ebenfalls Pole, und zwar tritt an einer jeden der ungleichnamige Pol desjenigen auf, welcher an dem anderen Ende des betreffenden Stückes bereits vorhanden war.

f) Bringt man in der Richtung der Axe einer Magnetnadel ein Stück Eisen in die Nähe des einen Poles, und lässt man hierauf die aus ihrer Ruhelage gezogene Nadel los, so macht sie bei demselben Ausschlagswinkel in derselben Zeit um so mehr Schwingungen, je näher das Eisen dem Pole ist. Dasselbe zeigt sich, wenn man an die Stelle des Eisens den ungleichnamigen Pol eines Magnets bringt. Genaue Messungen, namentlich mittelst der Coulomb'schen Drehwaage (s. Art.



Drehwaage, magnetische), haben zu dem Resultate geführt, dass die den magnetischen Erscheinungen zu Grunde liegende Kraft in dem Verhältnisse abnehmend wirkt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

g) Die magnetische Kraft wirkt auch auf Eisen und Magnete durch andere Körper hindurch, wenn dieselben nicht zu dick sind, z. B. durch eine Schiefertafel, Glasscheibe, Pappe, Messingblech etc.; nur eine dazwischen befindliche Eisenplatte hebt die Wirkung auf.

Diese Erscheinungen kann man die Grundphänomene des Magnetismus nennen. Sie bieten uns einen Anhalt, um uns über das Wesen der dabei zu Grunde liegenden Ursache eine Vorstellung zu machen. Wir gehen jetzt hierzu über und bemerken nur noch, dass zur Anfertigung der künstlichen Magnete, welche bei den bevorstehenden Experimenten erforderlich sind, Art. Magnetisiren das Nöthige angiebt. Der Stahl muss in seiner inneren Textur möglichst gleichförmig sein. Bis zur blauen, selbst bis zur Wasserfarbe angelassener Stahl hat sich sehr gut bewährt. Streicht man nicht genau nach den angegebenen Vorschriften, so erhält man leicht anormale Magnete, d. h. Magnete, bei denen die Pole nicht am Ende und die Indifferenzstelle in der Mitte liegen, sondern 3 und noch mehr Pole, sogenannte Folgepunkte (s. d. Art.).

II. Das Wesen des Magnetismus zu ergründen ist bis jetzt noch nicht genügend gelungen. Um sich den Ueberblick über die magnetischen Erscheinungen zu erleichtern und in dieselben einen gewissen Zusammenhang zu bringen, nahm man an, dieselben seien durch zwei besondere (imponderable) Flüssigkeiten bedingt, von denen die eine nordmagnetische, die andere südmagnetische Materie oder Nord- und Südmagnetismus genannt und jene kurz mit $+M$, diese mit $-M$ bezeichnet wurde. Beide Materien sollten in den unmagnetischen, aber des Magnetismus fähigen Körpern in gleicher Menge vorhanden und gleichmässig vertheilt sein. Die Theile jeder Materie hätten das Bestreben, sich unter einander abzustossen, die der verschiedenen aber sich zu vereinigen. Würden beide Materien getrennt, so dass sie an gewissen Stellen in verschiedener Menge vorhanden seien, so zeige sich da, wo mehr $+M$ als $-M$ sei, ein Nordpol, und wo mehr $-M$ als $+M$ sei, ein Südpol. Die Materien könnten nicht aus den Körpern heraus, und ihrer Trennung und ebenso ihrer Vereinigung nach erfolgter Trennung wirke eine besondere Kraft, die Coercitivkraft entgegen, die in verschiedenen Körpern von verschiedener Stärke sei. — Diese Theorie hat eine Zeit lang ihre guten Dienste geleistet, aber die neueren Forschungen, namentlich die Erscheinungen des Electromagnetismus haben sie als nicht ausreichend herausgestellt. Wahrscheinlicher ist, dass (s. I. e.) jedes Massentheilchen $+M$ und $-M$ in gleicher Menge enthält, und zwar so, dass jedes für sich schon ein vollständiger



Magnet ist, d. h. dass die eine Hälfte desselben nur mit $+M$ und die andere mit $-M$ geladen ist. In einem Magnete würden die Massentheilchen so geordnet sein, dass die ungleichnamigen Hälften einander zugekehrt sind, während im unmagnetischen Zustande eine indifferente Anordnung stattfindet. Eine magnetisirende Kraft würde die Anordnung wie sie in einem Magnete angenommen ist, herbeizuführen streben, die Coercitivkraft aber dem entgegen wirken. Zeichnet man sich etwa 4 Reihen von z. B. je 12 kleinen zur Hälfte dunklen und zur anderen Hälfte weissen Kreisen hin, so dass dieselben zu je vier über einander stehen, so stellt dies einen Magnet vor, wenn alle weissen Hälften, die $-M$ bezeichnen mögen, nach der einen Seite hin liegen, und alle dunkeln, die $+M$ andeuten, nach der entgegengesetzten gerichtet sind. Denkt man sich die Zeichnung irgend wo durchschnitten, so dass die Reihen der einzelnen Stücke gleich viel Kreise enthalten, so ist die Anordnung in den Stücken noch dieselbe und man erhält also in jedem Stücke wieder einen Magnet. Sind die Kreise der einzelnen Reihen in sich zwar noch in derselben Weise geordnet, liegt aber z. B. in der ersten und dritten Reihe die weisse Hälfte nach Links, hingegen in der zweiten und vierten nach Rechts, so veranschaulicht die Zeichnung das noch unpolarische Eisen, da die in den auf einanderfolgenden Reihen magnetischen Massentheilchen entgegengesetzt liegen und sich in ihrer Wirkung aufheben. Denkt man sich endlich die beiden Zeichnungen in ihrer Längsrichtung einander genähert, so stellt dies die Einwirkung eines Magnetpoles auf noch unpolarisches Eisen vor. Ein Theil der Reihen liegt dann bereits in derselben Anordnung, wie bei dem Magnete; in den anderen Reihen ist aber die Anordnung gerade die entgegengesetzte. Die Einwirkung des genäherten Magnetpoles besteht nun darin, dass zunächst das erste Theilchen der letztgenannten Reihen eine Drehung erfährt, um die entsprechende Lage herbeizuführen; so wie aber das erste Theilchen sich zu drehen beginnt, muss das zweite etc. folgen und es werden mithin die Theilchen in diesen Reihen auch mehr oder weniger — je nach der Coercitivkraft — in die Anordnung der bereits geordneten Reihen kommen. Je vollständiger die Drehung erfolgt, desto kräftiger wird in dem vorher unpolarischen Eisen die Polarität hervortreten; bei vollständiger Drehung würde der Magnetismus gesättigt sein. Im Stahle müsste übrigens die Coercitivkraft stärker sein als im Eisen.

Die electrodynamischen Erscheinungen (s. Art. Electrodynamik. B.) weisen übrigens darauf hin, dass die magnetischen Erscheinungen auf denselben Principien beruhen wie die electrischen, und es wird schliesslich kein Unterschied mehr zwischen beiden statuirt werden können. Vergl. diesen Art. IV. zu Ende.

III. Einige unter dem Einflusse eines Magnets und sonstige bei Magneten auftretende Erscheinungen dürften an dieser Stelle hervorzuheben sein. Das gegenseitige Abstossen gleichnamiger und das Anziehen



ungleichnamiger Pole bedarf nach dem unter II. Angeführten ebensowenig jetzt einer Erläuterung, wie die Erscheinungen der Vertheilung. Nur das sei noch besonders bemerkt, dass das Anziehen des Eisens oder Stahles durch einen Magnetpol erst Folge einer vorausgegangenen Vertheilung ist. — Will man Magnetstäbe conserviren, so legt man deren zwei gleiche in ein Kästchen in geringer Entfernung parallel neben einander, so dass die ungleichnamigen Pole nach derselben Seite hin liegen, und verbindet diese durch Stückchen von weichem Eisen. Die ungleichnamigen Pole wirken dann im gleichen Sinne vertheilend auf das angelegte Eisen und dieses wirkt wieder auf die Magnetstäbe durch die in ihm hervorgerufene Polarität zurück, so dass fortwährend eine Anregung zu polarischer Anordnung vorhanden ist. In derselben Weise wirkt der Anker eines Hufeisenmagnets auf diesen conservirend. Lässt man hingegen Magnete unbeschäftigt, so verschwindet die Polarität nach und nach, da die Coercitivkraft wieder die unpolarische Anordnung herbeizuführen strebt. — Eine Magnetnadel wirkt als M a g n e t o s k o p. Ob ein Körper der magnetischen Einwirkung fähig ist oder nicht, zeigt sich darin, ob die Magnetnadel durch den genäherten Körper aus ihrer Lage gezogen wird oder nicht. Dass ein Körper polarisch magnetisch ist, zeigt sich dadurch, dass er auf einen Pol der Magnetnadel abstossend wirkt. Zeigt sich an einem Körper eine solche Stelle, so ergiebt sich an demselben auch noch eine zweite, welche den andern Pol abstösst. Da man an der Magnetnadel den Nordpol kennt, so erfährt man hierdurch zugleich, welcher der beiden gefundenen Pole der Nordpol und welcher der Südpol ist. — Legt man einen Magnetstab auf eine kleine Erhöhung, so dass seine Axe die Richtung der Axe einer ruhigen Magnetnadel erhält, aber der Nordpol nach Süden und der Südpol nach Norden liegt, und führt man hierauf eine auf einer Spitze schwebende Magnetnadel in der Horizontalebene des Stabes um diesen herum, so steht diese seitwärts von der Indifferenzstelle des Stabes mit diesem parallel und vollendet sowohl bei dem Umgehen des Südpoles als des Nordpoles des Stabes eine Umdrehung, indem sie in jenem Falle stets ihren Nordpol dem Südpole und in diesem ihren Südpol dem Nordpole des Stabes zuwendet. — Führt man die Magnetnadel in der Verticalebene des Stabes über und unter demselben hinweg, so steht die Nadel über und unter der Indifferenzstelle mit dem Stabe parallel, in anderen Stellen über dem Stabe neigt sie sich dem näheren Pole zu und unter dem Stabe hebt sie sich nach diesem hin und zwar um so mehr, je mehr sie sich dem betreffenden Pole nähert. Nimmt man hierbei eine Magnetnadel, die sich um eine horizontale Axe in verticaler Ebene drehen kann, so kehrt sie sich bei einem Umgange um jeden Pol ebenfalls einmal um. Diese Erscheinungen veranschaulichen gewissermassen die Erscheinungen des Erdmagnetismus (s. Art. M a g n e t i s m u s d e r E r d e). Die Erscheinungen, welche eintreten, sobald man die Magnetnadel in anderen

Ebenen um den Stab herumführt, ergeben sich leicht aus den beiden vorigen Fällen, da sie eine Combination beider sind. — Legt man einen Magnet unter eine Glas- oder Pappscheibe oder Schiefertafel oder dergl., bestreut diese mit Eisenfeilstäubchen und erschüttert durch Anschlagen mit dem Finger, so entstehen die sogenannten *magnetischen Figuren*, indem durch Vertheilung jedes Stäubchen polarisch wird und sich nun, da es durch das Anschlagen Beweglichkeit erhält, wie eine Magnetnadel in der Nähe eines Magnets stellt. — Wegen der Ablenkung der Magnetnadel durch Eisenmassen s. Art. *Ablenkung*.

Ausser diesen nahe liegenden Erscheinungen bemerken wir noch an dieser Stelle, dass die Wirkung eines Magnetstabes auf eine Nadel dem Momente des Stabes direct und dem Cubus der Entfernung indirect proportional ist, wenn der Abstand beider Mittelpunkte gegen die halbe Länge der Nadel einigermassen gross ist. Auf den mathematischen Nachweis, obwohl er leicht zu führen ist, müssen wir plangemäss verzichten. — Nennt man das Gewicht eines Magnets P und bezeichnet M die Tragkraft desselben, so ist nach *Häcker's* Versuchen $M = x\sqrt[3]{P^2}$, wo x den Versuchen gemäss den Werth 12,6 hat, sobald M und P in Pfunden gemessen werden. Danach trägt ein Magnet von 1 Pfund Gewicht 12 Pfund 17 Loth und ein Magnet von 1972 Pfund nicht mehr als sein eigenes, grössere aber dies nicht einmal. — Durch Erhöhung der Temperatur wird die Empfänglichkeit des Eisens für den Magnetismus gesteigert, weil jedenfalls die Drehbarkeit der magnetischen Theilchen dadurch begünstigt wird; damit steht aber auch in Verbindung, dass unter denselben Umständen die Kraft selbständiger Magnete eine Schwächung erleidet. Magnete aus hartem Stahle erfahren bei Erwärmung unter denselben Verhältnissen eine stärkere Verminderung ihres Magnetismus, als die weichen. Erhitzt man Eisen bis zu kirschrothem Glühen, so verliert es seine magnetische Anziehung völlig. — Eine Erschütterung des Eisens beim Magnetisiren begünstigt den Vorgang, hingegen wirkt dieselbe schwächend auf selbständige Magnete, weshalb man den Anker von einem Magnete zweckmässiger abschiebt, als abreisst.

Wegen der unter dem Einflusse des Erdmagnetismus eintretenden Phänomene vergl. Art. *Magnetismus der Erde*, ferner wegen der magnetischen Wirkung electrischer Ströme Art. *Electrodynamik*, und über den Einfluss des Magnetismus auf polarisirtes Licht Art. *Polarisation des Lichtes*.

IV. Ein Magnet wirkt nicht blos auf Eisen und Stahl ein, sondern alle Körper sind in der Nähe der Magnetpole mehr oder weniger dem Einflusse des Magnetismus zugänglich. Dem Engländer *Faraday* gebührt das Verdienst, die Thatsache 1845 mittelst sehr kräftiger Magnete festgestellt zu haben; darauf hat sich namentlich auch *Plücker*

sorgfältig mit der Untersuchung beschäftigt. Die Wirkung äussert sich auf zweierlei Art. Bringt man einen frei beweglichen Körper nämlich zwischen die Pole eines kräftigen Magnets, so wird derselbe entweder von beiden Polen angezogen und stellt sich längs der Verbindungslinie derselben, d. h. axial, oder er wird abgestossen und nimmt eine zu der Verbindungslinie senkrechte Lage an, d. h. er stellt sich äquatorial. Körper, welche sich axial stellen, nennt man entweder schlechthin magnetische oder paramagnetische, die anderen diamagnetische, und dem entsprechend unterscheidet man auch Paramagnetismus und Diamagnetismus. Von Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan war schon früher bekannt, dass sie für magnetische Einwirkung empfänglich sind. Vergl. wegen des Einzelnen Art. Diamagnetismus. Nickel verliert die Fähigkeit vom Magnete angezogen zu werden bei einer Erwärmung bis zu 350° C., Mangan schon bei 25° C. Vergl. auch Art. Magnetkrystallaxe.

Die diamagnetische Abstossung betrachtet Faraday als durch electrische Molecularströme erzeugt, welche den Ampère'schen insofern entgegengesetzt sich verhalten, als sie in den diamagnetischen Körpern einem Magnetpole gegenüber stets einen gleichnamigen Pol erzeugen. Nach Weber werden in den Körpern, welche sich paramagnetisch verhalten, durch die Wirkung eines Magnetpoles schon vorhandene Molecularströme einander parallel und den Molecularströmen des Magnets mehr oder weniger gleichgerichtet, woraus dann Anziehung erfolgt. Dagegen sollen in den diamagnetischen Körpern durch den Magnetpol beharrliche Molecularströme inducirt werden, welche im Vergleich mit den inducirenden Strömen des Magnets entgegengesetzte Richtung haben, so dass dann die diamagnetische Abstossung aus der Wechselwirkung entgegengesetzter electrischer Ströme hervorgeht. W. Weber's Theorie ist im Grunde eine Erweiterung der Faraday'schen Ansicht.

V. In Bezug auf die Anwendung der Magnetnadel zur Orientirung, die sich darauf gründet, dass die Nadel an jedem Orte eine bestimmte Stellung gegen die Himmelsgegenden annimmt, sind zu vergleichen die Art. Compass, Boussole und Bergcompass. — Mit Hilfe von Magnetnadeln stellt man transportable Sonnenuhren in den Meridian ein, muss dabei aber — wie auch sonst — die Declination in Rechnung ziehen. — Manche Taschenspieler-Künststücke gründen sich auf die Wirkung eines verborgenen Magnets auf die Magnetnadel, z. B. zu sagen, welche von mehreren Karten in einem verschlossenen Kästchen liegt. In den betreffenden Karten sind magnetisirte Stahlfedern verborgen und die Karte lässt sich nur auf eine bestimmte Weise in das Kästchen legen. Ist nun die Lage des Magnets in der Karte bekannt, so kann man durch die Einwirkung des Magnets auf die Nadel das Räthsel lösen. — Wegen der astatischen Nadel s. Art. Astatische Nadel.

Magnetismus, animalischer, s. Art. Mesmerismus.

Magnetismus, atmosphärischer ein von Faraday eingeführter Begriff, s. den Schluss des Art. Magnetismus der Erde.

Magnetismus der Erde. Die Erde ist magnetisch. — 1) Die Axe einer Magnetnadel nimmt im Allgemeinen (s. Art. Magnetismus I. und Magnet) eine Stellung von Süden nach Norden an, sobald die Nadel zur Ruhe gekommen ist. Genauere Beobachtungen haben indessen gezeigt, dass die Stellung nicht nur an verschiedenen Orten verschieden, sondern sogar an demselben Orte veränderlich ist. Nennt man eine in der Richtung der Axe der Magnetnadel gedachte Verticalebene die magnetische Meridianebene, die Durchschnittslinie der magnetischen Meridianebene und des Horizontes den magnetischen Meridian, so sagt man, wenn an einem Orte der magnetische und astronomische Meridian nicht zusammenfallen, die Nadel declinire oder zeige eine Declination, d. h. Abweichung. Den Winkel, welchen der den Nordpol tragende Theil der Axe der Magnetnadel mit dem nordwärts gerichteten Theile des astronomischen Meridians bildet, also den Winkel, welchen astronomischer und magnetischer Meridian einschliessen, nennt man den Declinationswinkel. Das Nähere über die Declination an verschiedenen Orten, über die Veränderungen an demselben Orte etc. enthält Art. Declination der Magnetnadel. — Vergleichen wir diese Erscheinung mit der im Art. Magnetismus. III. (s. diese Stelle) angeführten Erscheinung, wenn eine Magnetnadel um einen Magnetstab herumgeführt wird, so kommen wir zu dem Schlusse, dass es im vorliegenden Falle so sei, als ob gewissermassen in der Erde ein Magnet stecke, dessen Pole aber nicht mit den Endpunkten der Erdaxe zusammenfallen, weil es in diesem Falle gar keine Declination geben würde, und dass der magnetische Südpol der Erde im Norden, der magnetische Nordpol hingegen im Süden liege.

2) Wenn man bei der Anfertigung einer Magnetnadel vor dem Magnetisiren den Schwerpunkt genau ermittelt und in diesem den Stützpunkt anbringt, so bleibt die Nadel nach dem Magnetisiren nicht mehr in jeder Lage — wie es sonst bei Körpern, die im Schwerpunkte unterstützt sind, der Fall ist — schweben, sondern neigt sich in unseren Gegenden mit dem Nordpole gegen den Horizont, als ob dies Ende schwerer geworden wäre. Richtet man die Nadel so ein, dass sie sich um eine horizontale Axe in einer verticalen Ebene, ähnlich einem Waagebalken, bewegen kann, so ist der Winkel, welchen die Axe der Nadel mit dem Horizonte bildet, verschieden, je nach der Lage der Verticalebene, in welcher die Nadel sich bewegt. Am kleinsten ist der Winkel, wenn die verticale Drehungsebene der Nadel mit der magnetischen Meridianebene zusammenfällt; die Nadel steht hingegen lothrecht, wenn die verticale Drehungsebene senkrecht zum magnetischen Meridiane steht. Den kleinsten unter allen Winkeln, welche die Nadel mit dem Horizonte bildet, nennt man den Neigungs- oder Inclinations-

winkel, die Erscheinung selbst die Neigung oder Inclination der Magnetnadel. Die Inclination ist wie die Declination an verschiedenen Orten verschieden und ebenso an demselben Orte veränderlich. Wegen des Näheren vergleiche Art. Neigung der Magnetnadel. — Auch hier führt uns eine Vergleichung mit den im Art. Magnetismus. III. angeführten Erscheinungen dahin, dass die Erde sich wie ein Magnet verhält und zwar in derselben Weise wie bei der Declination.

3) Lässt man eine Declinations- oder Inclinationsnadel (vergl. Art. Declinatorium und Inclinatorium) an verschiedenen Orten auf gleiche Weise, namentlich mit gleichem anfänglichen Ausschlagswinkel, schwingen, so macht sie nicht allenthalben in gleichen Zeiten gleichviel Schwingungen. Man muss hieraus schliessen, dass die magnetische Kraft nicht an allen Orten von gleicher Stärke ist, und erhält also hierdurch Aufschluss über die magnetische Intensität. Die Beobachtungen an den verschiedensten Orten der Erde führen zu demselben Schlusse in Betreff der Erde wie die Declination und Inclination. Im Allgemeinen nimmt die Intensität mit der magnetischen Breite, d. h. mit der Entfernung von dem magnetischen Aequator (s. Art. Neigung der Magnetnadel), zu; die Orte kleinster Intensität fallen jedoch nicht mit dem magnetischen Aequator zusammen, sondern in einen Raum zwischen Südamerika und Afrika im atlantischen Oceane. Gewöhnlich nimmt man als Intensitätseinheit die Zahl an, welche A. v. Humboldt bei seinen Schwingungsversuchen auf dem magnetischen Aequator im nördlichen Peru erhalten hat. Die kleinste Intensität ist 0,8; da wo im Norden die Inclination 90° beträgt, ist sie 1,624 und an der gleichen Stelle im Süden noch über 2; im Norden giebt es jedoch noch zwei Stellen, an welchen die Intensität 1,624 noch übersteigt. In Berlin ist die Intensität 1,344, in London 1,372. — Bezeichnen wir die magnetische Kraft der Erde mit M und den Neigungswinkel mit i, so ist der horizontal wirkende Theil $M . \cos i$, der verticale $M . \sin i$. Lässt man eine Inclinationsnadel von der Länge $2l$ in der magnetischen Meridianebene schwingen und bezeichnet t die Schwingungszeit, n die Schwingungszahl, so ist (vergl. Art. Pendel) $M = \frac{l\pi^2}{t^2} = n^2\, l\pi^2$. Bei einer Declinationsnadel von der Länge $2l$ erhält man $M = \frac{l\pi^2}{t^2 . \cos i} = \frac{n^2\, l\pi^2}{\cos i}$. Es ist also, wenn man dieselbe Nadel an verschiedenen Orten schwingen lässt, $M : M_1 = n^2 : n_1{}^2 = t_1{}^2 : t^2$ bei einer Inclinationsnadel, aber $M : M_1 = \frac{n^2}{\cos i} : \frac{n_1{}^2}{\cos i_1} = t_1{}^2 \cos i_1 : t^2 \cos i$ bei einer Declinationsnadel. — Verbindet man auf einem Erdglobus oder auf einer Karte die Orte, welche gleichzeitig gleiche Intensität besitzen, so erhält man Curven, welche isodynamische Linien heissen, und Karten, auf denen

diese Linien verzeichnet sind, führen den Namen Intensitätskarten. — Die Intensität ist an demselben Orte ebenso Veränderungen unterworfen, wie die Declination und Inclination. — Ausser den Variationen, d. h. den säcularen, jährlichen und täglichen Veränderungen beobachtet man noch unregelmässige Schwankungen, sogenannte Perturbationen. Solche Störungen, die sich über weite Räume erstrecken, werden namentlich durch die Polarlichter, vulkanischen Ausbrüche und Erdbeben veranlasst. Die regelmässigen Variationen gehen in der Declination in mehreren Gegenden nicht über 16 und in der Inclination nicht über 4 Minuten hinaus.

4) Alle diese Erscheinungen sprechen entschieden dafür, dass die Erde selbst magnetisch ist und im Norden einen magnetischen Südpol und im Süden einen magnetischen Nordpol hat. Die Magnetpole der Erde fallen nicht mit den Erdpolen zusammen, sondern der eine liegt im Norden Amerikas, der andere im Süden von Neuholland an den Stellen, an welchen die Inclinationsnadel lothrecht steht. Die Variationen erklären sich daraus, dass die Magnetpole der Erde sich in der Richtung von Osten nach Westen vorwärts bewegen. Daher rücken auch die magnetischen Linien in demselben Sinne weiter; jedoch ist die Periode dieser Bewegung noch nicht ermittelt, auch kennt man die Bahn noch nicht, welche die Pole durchlaufen. Capitain John Ross fand 1831 im Norden Amerikas in 70° 5′ 17″ n. Br. und 96° 45′ 18″ westl. Länge von Greenwich den im Norden liegenden magnetischen Südpol und sein Neffe James Clark Ross war am 28. Januar 1841 dem im Süden liegenden magnetischen Nordpole, welcher zwischen den Vulkanen Erebus und Terror des Südpolarlandes (75° südl. Br.) liegt, sehr nahe, wobei er zugleich zu dem Ergebnisse kam, dass im Süden der Erde entschieden nur ein Magnetpol liegt. Nach der Berechnung von Gauss liegen die Pole unter 73° 35′ n. Br. und 264° 21′ östl. Länge und 72° 35′ südl. Br. und 152° 30′ östl. Länge von Greenwich. — Wir erinnern bei dieser Gelegenheit daran, dass in französischen Schriften der südliche Magnetpol Südpol und der nördliche Magnetpol Nordpol heisst, weil es für richtiger gehalten wird, die Magnetpole ihrer geographischen Lage gemäss zu taufen. Consequent wird dann in denselben Schriften an der Magnetnadel der bei uns sogenannte Nordpol als Südpol und der Südpol als Nordpol bezeichnet, da sich nur die ungleichnamigen Pole anziehen. — Um noch einen Beweis für den Magnetismus der Erde zu geben, erwähnen wir noch Folgendes. Bringt man eine Stange weichen Eisens in die Richtung der Inclinationsnadel, so zeigt sich dieselbe in der Weise einer Inclinationsnadel polarisch. Kehrt man die Stange um, so liegen die Pole wieder ebenso. Die Erde ruft also durch ihren Magnetismus die Polarität im Eisen hervor. Ein Eisenstab verhält sich nur dann unpolarisch, wenn er horizontal und senkrecht zum magnetischen Meridiane gehalten wird. Stellt man denselben Versuch mit einer Stahl-

stange an, welche frisch ausgeglüht ist und sich unpolarisch erweist, wenn man sie in der letzten Weise hält, so wird sie bleibend polarisch, sobald sie in die zuerst angegebene Lage gebracht wird, namentlich wenn sie dabei noch eine Erschütterung erfährt. Hieraus erklärt sich, warum stählerne Handwerkszeuge, Stangen von Wetterfahnen, Stäbe in Eisengittern etc. gewöhnlich polarisch magnetisch sich verhalten.

5) So wie die Erde sich magnetisch erweist, sind es wahrscheinlich alle Körper unseres Sonnensystemes. Für den Magnetismus der Sonne spricht die an den Declinations-Variationen entdeckte 11jährige Periode, insofern diese mit der im Auftreten der Sonnenflecke ebenfalls 11jährigen Periode übereinstimmt. Ebenso ist ein Einfluss des Mondes auf die Stellung der Magnetnadel nachgewiesen. Entdecker der Sonnenfleckperiode ist Schwabe; Lamont hatte eine 10jährige Declinationsperiode gefunden, aber dadurch wurde Wolf auf ein mögliches Zusammenfallen beider Perioden aufmerksam, und fand es bestätigt, worauf Lamont auch in der täglichen Bewegung der Horizontalintensität dieselbe auffand. Secchi hat den magnetischen Einfluss der Sonne auf die Magnetnadel auch in den anderen Beziehungen nachgewiesen. Kupffer, dann Kreil und neuerdings Sabine haben namentlich den Nachweis des Mondmagnetismus erwiesen.

6) Um den Magnetismus der Erde zu erklären, nahm Tobias Mayer nach Euler's Vorgange einen unendlich kleinen Magnet an, der um $^1/_7$ des Erdradius von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sein und dessen Aequatorialebene durch diesen Mittelpunkt gehen sollte. — Hansteen versuchte die Hypothese zweier unendlich kleinen Magnete von ungleicher Lage und Stärke den Erscheinungen anzupassen. — Biot versuchte 1804 eine Darstellung der Neigungsbeobachtungen zu geben unter der Annahme, dass der magnetische Aequator ein grösster Kreis sei und dass in der Axe desselben in gleichen Entfernungen von dem Mittelpunkte der Erde zwei Centra anziehender und abstossender Kräfte sich befänden, welche die Magnetpole der Erde vorstellten. — Mollweide schloss sich Euler's Theorie an. — Steinhäuser nahm im Innern der Erde einen Magnet an, welcher als selbständiger Planet (Minerva oder Pluto) in der Entfernung von 0,2 des Erdhalbmessers unter der Oberfläche der Erde in einem Zeitraume von 440 Jahren seinen Umlauf beendigen sollte. — Aus Versuchen, welche Barlow mit eisernen Kugeln anstellte, wurde es wahrscheinlich, dass die Erde nur auf ihrer Oberfläche magnetisch sein möchte. Dadurch kam Ampère auf die Vermuthung, dass die Erde durch einen electrischen Strom, welcher sie in Folge der scheinbaren Bewegung der Sonne täglich in der Richtung von Ost nach West umfliesse, magnetisch werde. — Die grössten Verdienste haben sich W. Weber und Gauss, namentlich der Letztere durch seine mathematische Behandlung des Problems, um den Magnetismus der Erde erworben. Auf Anregung von Gauss und

A. v. Humboldt wurden seit 1829 von Seiten der Regierungen an den verschiedensten Orten magnetische Observatorien eingerichtet, an denen correspondirende Beobachtungen mit den genauesten Instrumenten zur Ausführung kamen. Die Resultate der Beobachtungen verarbeiteten Gauss und Weber. Die Voraussetzung, dass die erdmagnetische Kraft, d. h. die Kraft, welche einer in ihrem Schwerpunkte aufgehängten Magnetnadel an jedem Orte der Erde eine bestimmte Richtung ertheilt, insofern man den Sitz ihrer Ursache nur in dem Erdkörper selbst sucht, die Gesammtwirkung aller magnetischen Theile des Erdkörpers ist, bildet die Grundlage der Untersuchung, über welche die Resultate des magnetischen Vereins nachzusehen sind. Hier kann nur angeführt werden, dass als eins der Endergebnisse sich herausstellte, dass die Erde nur zwei magnetische Pole hat. Nach der Rechnung liegen diese Pole unter 73° 35′ n. Br. und 264° 21′ östl. Länge von Greenwich mit einer ganzen Intensität = 1,701 und unter 72° 35′ s. Br. und 152° 30′ östl. Länge mit einer ganzen Intensität = 2,253. Ein durch beide Pole gehender grösster Kreis schneidet den Aequator unter einem Winkel von 75° 35′ in 25° 46′ und 205° 46′ Länge. Die Verbindungssehne beider Pole überspannt einen Bogen von 161° 13′, und ein derselben paralleler Erddurchmesser schneidet die Erdoberfläche nördlich in 75° 52′ Br. und 299° 32′ L., südlich in 75° 52′ Br. und 119° 32′ L. Die Richtung der magnetischen Axe der Erde, d. h. derjenigen geraden Linie, in Bezug auf welche das Moment des in der Erde enthaltenen Magnetismus ein Maximum ist, würde mit der Verbindungssehne beider Pole einen Winkel von 2° 5′ bilden und von 77° 50′ n. Br. 296° 29′ östl. L. nach 77° 50′ s. Br. 116° 29′ östl. L. gehen. Es würden 8464 Trillionen einpfündige Magnetstäbe mit parallelen Axen erforderlich sein, um die magnetische Wirkung der Erde im äusseren Raume zu ersetzen, was bei gleichförmiger Vertheilung durch den ganzen körperlichen Raum der Erde 7,831, also beinahe 8 solche Magnetstäbe auf jedes Cubikmeter beträgt. Betrachten wir daher die Erde als einen wirklichen Magnet, so muss man durchschnittlich jedem $^1/_8$ Cubikmeter derselben eine so starke Magnetisirung beilegen, als ein solcher Magnetstab enthält. — Diese theoretischen Resultate, gewonnen aus den zu Grunde gelegten Resultaten der Beobachtung, gelten natürlich nur für die Zeit, auf welche sich die Beobachtungen beziehen. Eine auf spätere Beobachtungen sich stützende Ableitung wird zu anderen Ergebnissen führen; aber dadurch wird man die Veränderungen kennen lernen, welche mit der Erde in Beziehung auf ihren magnetischen Zustand im Ganzen, ebenso wie im Einzelnen vorgehen. Der nach den Elementen der Theorie von Gauss und Weber entworfene Atlas des Erdmagnetismus (Leipzig 1840) ist in dieser Beziehung ein wichtiges historisches Document. — An Ampère's Vermuthung über die Ursache des Erdmagnetismus schliesst sich die von de la Rive an, dass

die täglichen Variationen von thermoelectrischen Strömen in der Atmosphäre und der Erde herrühren möchten. — Lamont hat sich gegen de la Rive ausgesprochen und stimmt auch nicht mit Ampère überein. Derselbe kommt, ausgehend von Phänomenen an Kometen, welche Veranlassung geworden sind, der Sonne eine Kraft beizulegen, vermöge welcher sie einen Theil der Kometenmaterie anzieht, einen andern Theil abstösst, zu der Annahme, dass die Sonne eine grosse Menge Electricität besitze, welche auch auf die Electricität in unserer Erde Einfluss habe, so dass die der Sonne zugewendete und von derselben abgewendete Seite der Erde entgegengesetzt electrisch würden, was eine mächtige electrische Welle oder Strömung, der man einen Einfluss auf den Erdmagnetismus nicht werde absprechen können, zur Folge habe, durch welche die täglichen Variationen bedingt seien, da diese Strömung die Erde in 24 Stunden umkreise. Lamont kommt also schliesslich doch auf electrische, durch die Sonne veranlasste Strömungen. — Durch die Entdeckung des Diamagnetismus ist Faraday auf den Gedanken gekommen, dass, da die Atmosphäre zu zwei Neunteln ihres Gewichtes aus dem magnetischen (paramagnetischen) Sauerstoff bestehe, der durch die vermöge des täglichen und jährlichen Laufs der Sonne bewirkten Temperatur- und Dichtigkeitsänderungen grossen Veränderungen in seinem Magnetismus ausgesetzt ist, dies zugleich mit der Aenderung der Magnetkraft auf der Erdoberfläche zusammenhänge, und dass man hierin eine Erklärung finden könne von einem grossen Theile der jährlichen, täglichen und auf kurze Zeit eintretenden unregelmässigen Variationen, welche in der magnetischen Kraft der Erde vorkommen. Wir können hier Faraday's ausführliche Auseinandersetzung über den atmosphärischen Magnetismus, wie er denselben benennt, nicht weiter aufnehmen und verweisen daher auf Poggendorffs Annal. Ergänzungsbd. III (Bd. 87. b) S. 130 u. 187. Nur sei bemerkt, dass nach Faraday's Ansicht die Wirkung der Sonne auf die Magnetnadel eine indirecte sein würde, während man anderer Seits eine directe gelten lässt. Die Sonne afficirt nach ihm an einem gegebenen Orte die Atmosphäre; die Atmosphäre afficirt die Richtung der Kraftlinien, und diese afficiren die von ihnen beherrschten Nadeln. — Soviel wird aus der gegebenen Zusammenstellung hervorgehen, dass die Erscheinungen des Erdmagnetismus complicirter Natur sind, und dass noch viel zu thun ist, um das Ganze in seinen einzelnen Theilen zu begründen.

Magnetkies oder Leberkies heisst ein aus Eisen und Schwefel bestehendes Mineral, dessen Kernform die sechsseitige Säule ist, und welches sich magnetisch verhält.

Magnetkrystallaxe nennt Faraday die Richtung des krystallisirten Wismuths, welche bei Versuchen über den Diamagnetismus sich axial zu stellen strebt. Es zeigt sich nämlich bei einer Säule von krystallisirtem Wismuthe, deren Axe auf der Hauptspaltungsfläche recht-



winkelig steht, dass sich dieselbe selbst bei entschieden vorherrschenden Längendimensionen axial stellt. Die Hauptspaltungsfläche zeigt also ein Bestreben, sich äquatorial zu stellen. Plücker hat zuerst und zwar an einer Turmalinplatte die Beobachtung gemacht, dass die Krystallisationsverhältnisse auf die diamagnetischen Erscheinungen einen Einfluss ausüben.

Magnetnadel, die, ist ein kleiner, gewöhnlich auf einer Spitze schwebender Magnetstab. S. Magnetismus I. c; astatische Nadel, Declinationsnadel, Inclinationsnadel. Die Stelle, an welcher die Nadel auf einer Spitze ruht, wird gewöhnlich mit einem Edelsteine (Achat) ausgefüttert, damit die Spitze sich nicht einbohrt, wodurch die Beweglichkeit beeinträchtigt werden würde. Dafür nutzt sich, z. B. bei der Nadel des Schiffscompass, die Spitze ab und erfordert ein erneutes Anschleifen.

Magnetoelectricität nennt man bisweilen das Auftreten electrischer Erscheinungen in electrischen Leitern durch die Einwirkung des Magnetismus auf diese. Die in diesen Fällen erregten sogenannten magnetoelectrischen Ströme gehören zu den Inductionsströmen, über welche das Nähere Art. Induction, electrische, enthält.

Magnetometer sind die grossen Stabmagnete, welche Gauss zur Bestimmung der periodischen Variationen des Erdmagnetismus und zur Messung der absoluten Intensität desselben benutzte.

Zu den Declinationsbestimmungen benutzte Gauss einen 4 bis 25 Pfd. schweren Magnetstab, der in der Mitte mit einem messingenen eisenfreien Schiffchen versehen war, welches an einem 7 Fuss langen und aus ungedrehten Coconfäden gebildeten Seidenfaden oder an einem feinen Metalldrahte aufgehängt wurde. An dem einen Ende des genau horizontal liegenden Magnetstabes war ein kleiner Planspiegel genau senkrecht zur Axe desselben befestigt, und der Stab befand sich zum Schutze gegen Luftströmungen in einem Kasten, durch dessen Decke der Aufhängefaden ging. An der dem Spiegel zugewendeten Seitenwand hatte der Kasten eine Oeffnung, welche etwas grösser als der Spiegel war. Dieser Oeffnung gegenüber wurde in einer Entfernung von etwa 16 Fuss auf einem festen Fundamente ein Theodolit (s. d. Art.) und an dessen Fussgestelle eine in Millimeter eingetheilte Scala aufgestellt, die eine zu der magnetischen Meridianebene senkrechte Richtung hatte. Damit die Zahlen und Theilungen der Scala durch das Fernrohr des Theodoliten in Folge der Reflexion im Spiegel gesehen werden konnten, musste der Magnetstab in der mittleren Höhe zwischen dem Fernrohre und der Scala schweben, und ersteres gegen die Mitte des Spiegels gerichtet sein. Von der Mitte des Objectivs am Fernrohre ging ein feiner, durch ein Gewicht gespannter Faden über die Scala herab und zeigte den Scalentheil an, welcher mit der optischen Axe des Fernrohres, dem verticalen Faden des Fadenkreuzes in dem Fernrohre

und mit der magnetischen Axe in derselben Verticalebene lag. Es leuchtet ein, dass hierdurch die Lage der magnetischen Axe des Stabes in jedem Augenblicke mit grösster Genauigkeit bestimmbar war. Da die tägliche Declination gegen 1 Uhr Nachmittags ihren grössten und zwischen 6 und 8 Uhr ihren kleinsten Werth erreicht, so werden diese Zeiten vorzugsweise zur Beobachtung benutzt. Um die Declination nicht blos in ihrer Variation, sondern auch der Grösse nach zu bestimmen, ist noch eine Mire, d. h. ein Zeichen, z. B. ein verticaler Strich, nöthig, deren Winkelabstand von dem astronomischen Meridiane man genau kennt. Man wählt die Mire gewöhnlich doppelt so weit von dem Fernrohre entfernt als der Spiegel ist, weil sie dann in derselben Entfernung wie das Spiegelbild sich befindet, und das Fernrohr keine neue Einstellung auf die Entfernung erfordert.

Zur Beobachtung der horizontalen Intensitätsvariationen bedient man sich des sogenannten Bifilar-Magnetometers. Hängt man einen unmagnetischen Stab an zwei Fäden so auf, dass er sich horizontal drehen kann, so werden im Zustande der Ruhe die beiden Fäden ihrer ganzen Länge nach in einer Verticalebene liegen. Ist der Stab magnetisch und fällt die bezeichnete Verticalebene nicht in die magnetische Meridianebene, so werden die Fäden nicht mehr in derselben Verticalebene liegen, sondern durch den horizontalen Theil des Erdmagnetismus, der den Magnetstab in den magnetischen Meridian zu stellen sucht, aus derselben herausgedreht werden, bis die magnetische Kraft durch die Torsionskraft der Fäden aufgehoben ist. Wenn die horizontale Intensität unveränderlich wäre, so würde ein so aufgehängter Magnetstab auch unveränderlich stehen bleiben; da sich die Intensität aber ändert, so nimmt der Stab verschiedene Richtungen an. Wird die Intensität stärker, so nähert sich die Richtung des Magnetstabes mehr dem magnetischen Meridian, und wird sie schwächer, so entfernt sich der Stab von demselben. Es leuchtet ein, dass man aus den Aenderungen, welche die Richtung des Magnetstabes erfährt, auf die Veränderungen der Intensität schliessen kann. Gewöhnlich giebt man dem Magnetstabe eine ursprüngliche Richtung möglichst senkrecht zu dem magnetischen Meridian, weil dann der Erdmagnetismus die stärkste Drehkraft ausübt.

Die Beobachtungen mit den Magnetometern werden in besonderen magnetischen Observatorien angestellt. Es bestehen diese Observatorien aus einem länglich viereckigen Saale, der in der Richtung des magnetischen Meridians ungefähr 35 Fuss lang ist. An dem ganzen Gebäude ist das Eisen möglichst zu vermeiden; ebenso sind grössere Anhäufungen von Eisen bis zu einer Entfernung von wenigstens 100 Fuss fern zu halten.

Magnetpole nennt man die Stellen eines Magnets, an welchen sich die magnetische Kraft vorzugsweise äussert, während die zwischen zwei Polen liegende Stelle ohne magnetische Wirkung die Indifferenzstelle heisst. Vergl. Art. Magnetismus I. b.

Mahlstrom oder Maalstrom, auch Mäelstrom und Mosköestrom genannt, heisst ein Meeresstrudel bei den Lofodden an der norwegischen Küste. Dieser Strudel verdankt seine Entstehung dem Kampfe der dortigen heftigen Strömungen mit der Ebbe und Fluth. Zieht die halbe Fluth nordwärts, so geht der Strom nach Süden; wächst die Fluth mehr, so wendet sich der Strom nach Südwesten, dann nach Westen, hierauf nach Nordwesten und endlich nach Norden; zur Zeit der halben Ebbe wendet er sich auf demselben Wege nach Süden zurück und verweilt hier so lange, bis das Meer von neuem sich in halber Fluth befindet. Der Grund hiervon liegt darin, dass die von Süden nach Norden ansteigende Fluth sich an der Spitze der Lofodden in zwei Hälften theilt. Der östliche Zweig geht hierbei zwischen die Inseln auf eine Klippe Mosköe zu, und hier entsteht nun der Strudel, indem sich Strom und Fluth begegnen, von denen anfangs der Fluth jener der stärkere ist, aber dann von der anwachsenden Fluth überwältigt wird. Die Gefahren, welche der Strudel den Schiffen bringen soll, sind übertrieben; es wird sogar daselbst starker Fischfang getrieben. Gefährlich sind daselbst nur die vielen Klippen.

Der Strom soll den Namen Mahlstrom davon haben, dass Alles, was in ihn gerathe, wie man früher erzählte, zerkleinert oder zermahlen würde, was indessen nicht der Fall ist. Auch an anderen Stellen giebt es noch ebenso genannte Strudel, namentlich an der Südostspitze der zu den Faröern gehörigen Insel Suderöe den Sumböe-Maalstrom, desgleichen ebenda an der Insel Sandöe das sogenannte Mühlrad und ferner zwischen Skinöe, Bordöe und Wideröe.

Maibrunnen sind sogenannte Hungerquellen (s. d. Art.).

Maifrost, s. Art. Herren, gestrenge, und Nachtfrost.

Makrokosmus, s. Art. Mikrokosmus.

Malaria heisst in Mittelitalien ein Miasma, welches zum grossen Theil in dem den Maremmen entsteigenden Schwefelwasserstoffe seinen Grund haben mag. Die von der Malaria Ergriffenen leiden an einer schleichenden Abmagerung, verbunden mit einem Schwinden der Stimme. Die Krankheit wird leicht tödtlich, da sie sich nicht wie die Sumpffieber behandeln lässt.

Malaxiren bedeutet soviel wie Kneten, z. B. bei Pflastern.

Malus'sche Gesetz, das, bezieht sich auf das Verhältniss der Lichtintensitäten des gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Lichtstrahles. Malus nimmt an, dass, wenn ein natürlicher Lichtstrahl von der Intensität Q senkrecht auf eine Seite eines von seinen natürlichen Bruchflächen begrenzten Kalkspath-Rhomboeders einfalle, alsdann die Intensität der beiden austretenden Strahlen gegeben sei durch

$$F_o = m\frac{Q}{2} \text{ und } F_e = m\frac{Q}{2},$$

wo F_0 die Intensität des gewöhnlich und F_e die des ungewöhnlich gebrochenen Strahles, m die Schwächung beim Durchgange bezeichnet. Nach dem senkrechten Durchgange durch ein zweites gleiches Rhomboeder, dessen Hauptschnitt mit dem des ersten einen Winkel i einschliesst, sollen dann die Intensitäten der vier Strahlen, nämlich des gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen, im zweiten Rhomboeder herrührend vom gewöhnlich gebrochenen im ersten: F_{oo} und F_{oe} und der betreffenden Strahlen, die vom ungewöhnlich gebrochenen im ersten Rhomboeder herstammen: F_{eo} und F_{ee} sein:

$$F_{oo} = \frac{Q}{2} m^2 \cos^2 i, \; F_{oe} = \frac{Q}{2} m^2 \sin^2 i; \; F_{eo} = \frac{Q}{2} m^2 \sin^2 i.$$

$$F_{ee} = \frac{Q}{2} m^2 \cos^2 i.$$

Nach H. Wild (Poggend. Ann. Bd. 118. S. 224) ist dies Gesetz, wenigstens für den Kalkspath, nicht völlig genau.

Mamertus, einer der gestrengen Herren, s. Art. Herren, gestrenge.

Mannloch oder Fahrloch an Dampfkesseln, s. Art. Fahrloch.

Manometer bezeichnet eigentlich einen Dichtigkeitsmesser, d. h. ein Instrument, durch welches die Dichte einer Luftart angegeben wird. Hierzu gehört das Guericke'sche Manometer, welches man jedoch jetzt meist Dasymeter nennt, weshalb auch in diesem Artikel das Nähere zu finden ist. Aus der Dichte einer Luftart kann man nach dem Mariotte'schen Gesetze (s. d. Art.) auf die Expansivkraft derselben schliessen. Daher ist es gekommen, dass man in neuerer Zeit alle Instrumente, welche zur Messung der Expansivkraft einer Luftart, z. B. des Wasserdampfes in Dampfmaschinen, dienen, Manometer nennt, wenn sie auch nicht auf einer Dichtigkeitsänderung einer Luftart beruhen. Man hat für solche Instrumente auch den Namen Elaterometer vorgeschlagen. Der Manometer im letzteren Sinne giebt es eine grosse Anzahl. Wir müssen uns hier auf die Angabe nur weniger beschränken.

Das geschlossene Quecksilber-Manometer besteht aus einem theilweis mit Luft erfüllten Barometerrohre, welches in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss eintaucht. Der geschlossene Raum über dem Quecksilber des Gefässes communicirt mit der Luft, deren Spannung gemessen werden soll. Je stärker die Spannung wird, desto höher wird das Quecksilber in das Rohr gedrückt und die Luft in demselben desto mehr zusammengepresst. Aus dem Volumen der gepressten Luft schliesst man auf die Spannung. Dies Manometer ist ganz unzweckmässig. Die Scala ist selten genau; auf die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme wird nicht gerücksichtigt, ebenso in der Regel nicht auf die Niveauveränderung im Gefässe; ist der zu messende Druck schon sehr bedeutend, so giebt eine merkliche Veränderung desselben nur kleine

Volumenveränderungen bei der abgesperrten Luft und daher unsichere Resultate; auch oxydirt sich das Quecksilber mit der Zeit und damit ändert sich die Menge der abgesperrten Luft. In Preussen sind geschlossene Manometer an Dampfkesseln verboten (seit 1857).

Delaveye construirte nach demselben Principe sein hyperbolisches Manometer, welches aus einer Glasröhre besteht, die sich nach oben immermehr verjüngt und in eine Kugel ausläuft, so dass gleichen Veränderungen in der zu messenden Spannung gleiche Veränderungen im Quecksilberstande entsprechen. Die Herstellung ist schwierig.

Das Spiritusmanometer von Hoffmann (1849) in Breslau, in welchem zwei Luftsäulen durch eine Wasser- und eine Spiritussäule zusammengedrückt werden, soll eine Verbesserung des geschlossenen Manometers sein.

Offene Quecksilbermanometer sind ähnlich eingerichtet wie das geschlossene, aber die entsprechend lange Röhre — da der Druck einer Atmosphäre schon dem Drucke einer Quecksilbersäule von 28,984 preuss. Zollen entspricht — ist oben offen. Wegen der unbequemen Länge kann man solche Manometer höchstens bis zu 4 Atmosphären Ueberdruck anwenden. Das Quecksilberrohr macht man meist nicht seiner ganzen Länge nach aus Glas, umgeht das Glas wohl gar ganz und macht den Quecksilberstand durch einen Schwimmer kenntlich. — Desbordes hat dies Manometer nach Art der Heberbarometer oder Barometerprobe abgeändert, so dass man die Differenz der Niveaus in beiden Schenkeln messen muss. Ein solches Hebermanometer ist zugleich als Sicherheitsventil wirksam.

Für Dampfspannungen von mehr als drei Atmosphären Ueberdruck bedient man sich mit Vortheil des Differentialmanometers. Es besteht aus einem Systeme paralleler und unter einander verbundener Röhren, also aus einem Systeme communicirender Hebermanometer, deren untere Hälfte mit Quecksilber, die obere aber mit Luft oder Wasser gefüllt ist. Das erste Rohr steht mit dem Dampfraume in Verbindung, das letztere mit der äusseren Luft. Das letzte Rohr macht man gewöhnlich nur von Glas und bringt an diesem die Scala an. Ein solches, mit Quecksilber und Wasser gefülltes Manometer ist von Richard ausgeführt.

In neuerer Zeit sind auch Metall-Manometer vielfach in Gebrauch gekommen, die sich sehr gut bewährt haben. Bourdon hat ein solches nach denselben Principien ausgeführt, auf welche sich sein Aneroid-Barometer (s. Art. Barometer) gründet. Rahskopff in Preussen war nächst dem Franzosen Bourdon der erste in Anfertigung von Metallmanometern; einen besonders guten Ruf haben aber diese Instrumente aus der Fabrik von Schäffer und Budenberg in Magdeburg sich erworben. Es werden daselbst Plattenfeder-Manometer angefertigt zur Messung des Dampfdruckes in den Dampf-

erzeugern aller Art, bei Hoch- und Niederdruck-Maschinen, bei Schiffsmaschinen, bei Locomotiven etc., zur Messung der Luftverdünnung in Vacuum-Apparaten und Condensatoren, zur Messung des Luftdrucks, der durch Gebläse-Maschinen erzeugt wird, zur Messung des Wasserdrucks in hydraulischen Pressen und Wasserleitungsröhren. Es sei nur bemerkt, dass der zu messende Druck auf eine Stahlplattenfeder wirkt, welche im Durchschnitt wellenförmig ist. Die Platte ist durch einen Ueberzug von Silber gegen das Rosten (Oxydiren) geschützt und wirkt durch ihre Formveränderung bei eintretender Veränderung des Druckes, dem sie ausgesetzt ist, auf ein Hebelwerk, durch welches ein Zeiger bewegt wird, der die Grösse der Spannung angiebt. Näheres in: Maschinen und Dampfkessel-Armaturen aus der Fabrik von Schäffer und Budenberg in Magdeburg. 1857. Vergl. auch in Betreff der anderen Manometer: Die Dampfmaschine. Ein Wegweiser in die Dampfmaschinenkunde von Emsmann. Leipzig 1858. S. 66 bis 72. — Gäbler und Veitshans in Hamburg haben sehr gut gehende Doppelfeder-Manometer construirt, die eine doppelte Plattenfeder enthalten.

Hooke hat wohl zuerst das Luftthermometer in ein Manometer umgewandelt; Ramsden wendete zuerst Quecksilber an. Adie's Sympiezometer, Prechtl's Baroskop, August's Differentialbarometer (Poggend. Annal. Bd. 3. S. 329), Brunner's neues (ebenda Bd. 34. S. 31), Kopp's abgekürztes (ebenda Bd. 40. S. 62 und Bd. 56. S. 511) und C. Brunner's Taschen-Barometer (desgl. Bd. 91. S. 585) beruhen auf demselben Grundsatze.

Manual heisst bei der Orgel die mit den Händen behandelte Claviatur im Gegensatze zu dem mit den Füssen bearbeiteten Pedal. S. Art. Claviatur.

Maremmen, eigentlich Meeresufer, nennt man in Mittelitalien die Gegend, namentlich südlich und westlich vom Arnothale, in welcher aus dem thonigen Boden überall giftige Dünste, vorzugsweise Schwefelwasserstoff enthaltend, aufsteigen, welche allen Anbau hindern, so dass nur im Winter Heerden daselbst weiden können, und welche die gefährliche Malaria (s. d. Art.) veranlassen.

Marienbad bedeutet soviel wie Wasserbad (s. d. Art.).

Marienglas oder Frauenglas ist blätteriger Gyps. Nicht zu verwechseln mit dem in Blättern, von zum Theil mehreren Quadratfuss Grösse, vorkommenden Glimmer, welcher zu den Windrosen der Schiffscompasse verwendet wird.

Marinette heisst in einem politisch-satirischen Gedichte (la Bible) des Guyot von Provins 1190 ein Instrument, welches von den Seefahrern als Compass benutzt wurde. Es ist diese Stelle die älteste Urkunde von der Bekanntschaft der Europäer mit der Richtkraft des Magnets. Die Stelle heisst:



Icelle étoile ne se muet,
Un art font, qui mentir ne puet,
Par vertu de la marinette
Une pierre laide, noirette,
Ou le fer volontiers se joint.

Mariotte'sche Flasche, s. Art. Flasche, Mariotte'sche.

Mariotte'scher Fleck, s. Art. Fleck, Mariotte'scher.

Mariotte'sches Gefäss, s. Art. Flasche, Mariotte'sche.

Mariotte'sches Gesetz, auch Boyle'sches Gesetz genannt (vergl. Gas. S. 357) lautet: Bei ideellen Gasen erhalten sich die Dichtigkeiten bei gleicher Temperatur wie die Drucke, unter denen sie stehen. Da Druck und Gegendruck einander gleich sind, so richtet sich die Expansivkraft eines Gases nach demselben Gesetze. Hierüber vergl. Art. Gas. Man drückt das Gesetz wohl auch so aus: Die Dichtigkeit und Expansivkraft der Luft steht mit dem Drucke, unter welchem sie sich befindet, in geradem Verhältnisse, und das Volumen einer abgesperrten Luftmasse in dem umgekehrten. — Die Versuche über Verdichtung der Luft stellt man am bequemsten in einer heberförmig gebogenen Glasröhre an, deren langer Schenkel etwa 5 Fuss, deren kurzer etwa 1 Fuss lang ist bei einer Weite von etwa $1/2$ Zoll. Der kurze Schenkel muss stark und inwendig möglichst cylindrisch sein, während dies bei dem langen nicht gerade nothwendig ist. Neben jedem Schenkel befindet sich eine Scala. Die Scala des kurzen Schenkels giebt gleiche Raumtheile desselben an; die des langen Schenkels repräsentirt einen Massstab nach derselben Längeneinheit, wie das gleichzeitig zu beobachtende Barometer. Der lange Schenkel ist oben offen, der kurze hingegen geschlossen. Der Versuch beginnt damit, dass man durch Quecksilber, welches man durch den langen Schenkel einfüllt, im kurzen Schenkel Luft absperrt. Stehen beide Schenkel lothrecht, so müssen beide Niveaus in derselben Horizontalen liegen. Dies erreicht man am genauesten, wenn man an der Krümmung einen Hahn anbringt, durch welchen man Quecksilber ablassen kann, oder der kurze Schenkel ist oben beim Eingiessen noch offen und wird dann erst luftdicht durch eine Schraube verschlossen. Giesst man nun in den langen Schenkel noch mehr Quecksilber, so wird die Luft im kurzen Schenkel auf einen kleineren Raum zusammengepresst, und es zeigt sich nun, dass der Raum, welchen die Luft nun einnimmt, sich zu dem ursprünglichen verhält, wie die Summe aus dem Barometerstande und dem Niveauunterschiede zu dem Barometerstande. — Um das Gesetz auch für Verdünnung zu prüfen, nimmt man eine etwas weite, an dem einen Ende verschlossene und am offenen Ende erweiterte Glasröhre von etwa 30 Zoll Länge und stellt dieselbe vertical, so dass das offene Ende oben ist. Diese Röhre wird mit Quecksilber gefüllt. Hierauf füllt man eine Barometerröhre mit Quecksilber, so dass noch 2 bis 3 Zoll quecksilberfrei bleiben, kehrt sie um — wie bei dem Torricelli'schen

Versuche — und stellt sie mit dem offenen Ende in die andere Röhre. Taucht man die Barometerröhre immer tiefer ein, so wird schliesslich das Quecksilber in derselben mit dem Quecksilber der Röhre in demselben Niveau liegen. Ist dies erreicht, so steht die abgesperrte Luft unter dem Drucke einer Atmosphäre; zieht man die Barometerröhre aber höher, so erweitert sich die abgesperrte Luft immer mehr, und das Quecksilberniveau in der so gehobenen Röhre steigt über das des Quecksilbers im Gefässe. Dann steht die abgesperrte Luft unter einem Drucke, der dem um die Niveaudifferenz verminderten Barometerstande gleich kommt. Das Gesetz bestätigt sich auch in diesem Falle.

In einem Thurme des Collège Henri IV. haben Arago und Dulong das Gesetz mit Hilfe eines aus 13 sechs Fuss langen Glasröhren zusammengesetzten Apparates bis zu einem Drucke von 27 Atmosphären für atmosphärische Luft geprüft und richtig gefunden. Dennoch fragt es sich, ob das Gesetz unter allen denkbaren Graden der Verdichtung und Verdünnung giltig ist; ob dasselbe bei allen Temperaturgraden der Fall ist, und ob es auf alle Luftarten angewendet werden kann. Das Letztere hat sich entschieden als unstatthaft erwiesen; überhaupt gilt das Gesetz nur bei ungeänderter Temperatur und für trockene Luft innerhalb gewisser Grenzen; für Kohlensäure sind die Grenzen am engsten; andere Luftarten weichen erst bei sehr starkem Drucke ab; die am leichtesten condensirbaren Gase entfernen sich am weitesten von dem Gesetze. Vergl. Gas und Compressibilität.

Mark
Markgewicht } heisst eine Gewichtseinheit, von welcher jedoch nirgends ein genaues Normalgewichtsstück existirt. weshalb auch unter dem Markgewichte namentlich der verschiedenen Münzstätten keine Uebereinstimmung herrschte. In der Münze lag bisher die sogenannte kölnische oder augsburger Mark zu Grunde. die bei Goldlegirungen in 24 Karat, bei Silberlegirungen in 16 Loth. das Loth in 4 Quint, das Quint in 4 Pfennige und der Pfennig in 256 Richtpfennige eingetheilt wurde. Nach Hauschild's Angabe berechnete sich die nürnberger Mark Silbergewicht zu 238,569 Grammen. Aus der Abwägung alter kölnischer Gewichte fand man 1829 die alte kölnische Mark = 233,8123 Gramm. Die neue kölnische oder preussische Mark hält 233,8555 Gramm. — Nach dem am 24. Januar 1857 in Wien abgeschlossenen Münzvertrage ist bei den Vereinsmünzen das Zollpfund zu Grunde gelegt. 45 Kronen wiegen 1 Zollpfund; ebenso $13\frac{1}{2}$ doppelte oder 27 einfache Vereinsthaler. Das Mischungsverhältniss des Goldes soll sein $^9/_{10}$ Gold und $^1/_{10}$ Kupfer, ebenso des Silbers $^9/_{10}$ Silber und $^1/_{10}$ Kupfer, und danach werden aus 1 Pfunde reinen Silbers 30 Thaler oder 45 Gulden österreichischer Währung, oder $52\frac{1}{2}$ Gld. süddeutscher Währung geschlagen. — Das Normalgewicht in Oesterreich heisst auch Mark und kommt 280,644 Grammen gleich



Daneben besteht aber noch das von 2 Mark nur wenig verschiedene Pfund, welches nach Stampfer 560,0164 Gramm beträgt.

Markscheidercompass, s. Art. Bergcompass.

Mars, s. Art. Planeten.

Mascara, die } oder die Wasserratte (rat d'eau) heisst eine in
Mascaret, der } der Dordogne bei niedrigem Wasserstande zur Fluthzeit eintretende eigenthümliche Erscheinung. Es wälzt sich dann eine mehr oder weniger hohe Wassermasse aus der Gironde in die Dordogne und folgt unter lautem Getöse mit grosser Geschwindigkeit und Stärke dem Flussufer. Kommt nämlich die Fluth die Gironde herauf und ist in der Dordogne niedriges Wasser, so wird, da die breite Garonne sich der Fluthwelle schief, hingegen die engere Dordogne gerade entgegenstellt, die Fluth genöthigt hoch anzuschwellen und mit Gewalt in die enge und niedrige Dordogne zu stürzen. — Eine ähnliche Erscheinung bieten die dort bis 45 Fuss hohen Springfluthen bei der Savern in England dar, indem sich dann ein bis 9 Fuss hoher Wasserdamm den Fluss hinauf wälzt. Vergl. auch Art. Bore. An der Elbe nennt man eine ganz ähnliche Erscheinung das Rastern.

Maschine ist jede Vorrichtung, durch welche eine Kraft auf einen nicht in ihrer Richtung liegenden Punkt wirksam, also übertragen werden kann. Es soll jedoch dadurch nicht blos der Kraft eine bequeme Richtung gegeben werden, sondern in der Regel bezweckt man zugleich eine Last durch eine Kraft im Gleichgewichte zu halten oder in Bewegung zu setzen, deren Bewältigung sonst unmöglich gewesen wäre, oder der Last eine grössere Geschwindigkeit zu ertheilen, als die Kraft ohne Maschine hervorgebracht hätte. — Hat eine Maschine keine Bestandtheile, welche für sich eine Maschine bilden, so nennt man sie eine einfache, andernfalls eine zusammengesetzte. Die einfachen Maschinen sind: der Hebel, das Wellrad, die Rolle, die schiefe Ebene, der Keil, die Schraube, denen besondere Artikel gewidmet sind. Nach dem Aggregatzustande der Körper, deren Kräfte auf die Bewegung der Maschine einwirken, oder auf welche die Maschine einwirkt, je nachdem dieselben starr, tropfbarflüssig oder luftförmig sind, werden von manchen Seiten die Maschinen auch eingetheilt in geomechanische, hydraulische und pneumatische. Maschinen, welche diese Bezeichnung specifisch führen, sind in den näher bezeichnenden Artikeln nachzusehen, z. B. Widder, hydraulischer.

Maschine, calorische oder Ericsson'sche Maschine, s. Art. Calorische Maschine.

Maschine, Ruhmkorff'sche, oder auch Funkeninductor genannt, ist der kräftigste Inductionsapparat, construirt von dem deutschen Mechaniker Ruhmkorff in Paris, geb. 1803 in Hannover, zuerst im Jahre 1851. Die drei Haupttheile des Apparates sind die Inductionsrolle, der Stromunterbrecher und der Commutator. Die In-



ductionsrolle, welche gewöhnlich vertical auf einer dicken, zur Isolirung dienenden Glasplatte steht, ist eine dünne Spule von Pappe von etwa 1 Fuss Länge, umwickelt mit 2 Drähten, von denen der innere, etwa 2 Millimeter (etwa 1 Linie) Dicke, in ungefähr 300 Windungen verläuft, der äussere hingegen, von etwa $^1/_3$ Millimeter Dicke oder noch feiner, etwa zehntausend Windungen macht und 5 bis 10 Tausend Meter Länge hat. Die Drähte sind mit Seide übersponnen und mit Schellack überzogen, so dass die Windungen von einander gut isolirt sind, ausserdem werden beide Drähte durch eine Lage gefirnisster Seide oder Guttapercha getrennt. Innerhalb der Spule befindet sich ein Bündel von Eisendraht, dessen Enden mit Platten von weichem Eisen bedeckt sind. Durch den inneren, dicken Draht wird der electrische Strom geleitet.

Der Stromunterbrecher ist ein Neef'scher Hammer (s. Art. Hammer, Neef'scher); indessen wendet man auch Modificationen desselben an, z. B. ein Gefäss mit Quecksilber, in welches eine von der Hammerfeder ausgehende Spitze taucht. Ist Letzteres der Fall, so ist der Strom geschlossen, der Hammer wird von dem Electromagnete angezogen, die Spitze tritt aus dem Quecksilber und der Strom ist unterbrochen, so dass die Spitze wieder in das Quecksilber taucht, weil nun der Hammer nicht mehr angezogen wird. Bei jeder Unterbrechung und Schliessung des electrischen Stromes wird in den Windungen des dickeren Drahtes, in dem Drahtbündel und vorzugsweise in dem dünnen Drahte ein Inductionsstrom erregt.

Der Commutator oder Stromwender dient dazu, den Strom nach Belieben in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung durch den dicken Draht zu leiten, ohne nöthig zu haben, die Poldrähte der galvanischen Säule umzulegen. Die nähere Einrichtung giebt der Art. Commutator an.

Ausser diesen, an den Inductionsapparaten gewöhnlich vorkommenden Theilen findet sich bei der Ruhmkorff'schen Maschine noch ein von Fizeau angegebener Condensator, welcher die Wirksamkeit wesentlich erhöht. Dieser Condensator, welcher gewöhnlich in dem Bodenbrette oder in einem unter dem Apparate befindlichen Schubkästchen angebracht ist, besteht aus einem langen Stück Wachstaffet, das wie bei den Franklin'schen Tafeln (s. Art. Tafel, Franklin'sche) beiderseits mit Stanniol beklebt ist, so dass dabei noch ein breiter Rand unbedeckt bleibt. Die beiden Belege dieses auf Brettchen aufgewickelten Taffetstückes stehen mit den beiden Enden des Hauptdrahtes in Verbindung, so dass die dickere Spirale gewissermassen durch den Condensator geschlossen wird, wenn der Strom unterbrochen wird. Der Nutzen beruht darauf, dass ohne Condensator der Inductionsstrom, welcher beim Oeffnen des Stromes entsteht, eben wegen dieser Unterbrechung nicht frei circuliren kann, sondern sich theils durch lebhafte an der Unterbrechungsstelle überspringende Funken ausgleicht, zum

Theil aber auch in entgegengesetzter Richtung zurückfliesst und dadurch die inducirende Wirkung des Hauptstromes auf die eigentliche Inductionsspirale schwächt; wird hingegen der Condensator eingeschaltet, so wird der Inductionsstrom im Hauptdrahte nach der Stromunterbrechung durch den Condensator aufgenommen und gewissermassen daselbst gebunden. Dadurch wird sowohl das Zurückfliessen des Inductionsstromes im Hauptdrahte, als auch das Ueberspringen heftiger Funken an der Unterbrechungsstelle verhindert, und der Hauptstrom kann ungeschwächt auf den Nebendraht inducirend einwirken.

Der Mechaniker Stöhrer in Dresden hat die Inductionsspule in drei bis vier kleinere getheilt, welche der Reihe nach mit einander verbunden werden können. Der hierdurch erzielte Vortheil besteht in Folgendem. Bei der ursprünglichen Einrichtung springen leicht bei starken electrischen Strömen innerhalb der Windungen der Inductionsspirale Funken über und zerstören die Isolation, weil die benachbarten Windungen der über einander liegenden Drahtlagen sehr weit von einander entfernten Theilen des Inductionsdrahtes angehören und daher eine sehr starke Differenz der electrischen Spannung zeigen. Bei Stöhrer's Einrichtung ist die electrische Differenz der benachbarten Windungen geringer und man kann daher stärkere Ströme anwenden. Mit Stöhrer's Einrichtung erhält man zwischen den Enden der Inductionsspirale einen Funkenstrom von 2 bis 3 Zoll Länge; der Amerikaner Ritchie will sogar durch noch weiter getriebene Theilung nach dem Stöhrer'schen Principe Funken von 12 bis 14 Zoll Länge bekommen haben.

Wegen der Wirkung des Inductionsstromes vergl. Art. Induction, Inductionsfunke und Funke, electrischer. C.

Mass und **Messen.** Die Thätigkeit des Naturforschers besteht vorwiegend im Messen. Alles Messen aber beruht darauf, dass bestimmt werden soll, wievielmal eine als Einheit zu Grunde gelegte Grösse, das Mass, in dem zu Messenden enthalten ist. Erste Bedingung hierbei ist mithin, dass das Mass und das zu Messende von einerlei Art ist. Es ist zwar nicht immer möglich, ein unmittelbares Mass für das zu Messende anzugeben; dann muss man aber etwas von dem zu Messenden Abhängiges aufsuchen, was mit demselben in einem bestimmten Verhältnisse ab- und zunimmt. Das Mass ist dann ein mittelbares. Es findet dies z. B. statt bei dem Messen von Kräften, indem man hier aus dem Verhältnisse der Geschwindigkeiten, mit welchen sich gleich grosse Massen bewegen, oder aus dem Verhältnisse der Massen, welchen gleiche Geschwindigkeiten ertheilt werden, auf das Verhältniss der Kraft schliesst. Immerhin liegt aber auch in diesem Falle eine Masseinheit derselben Art wie das zu Messende zu Grunde, und es ist eben nur das beim Messen zu beobachtende Verfahren kein durch ein mit dem zu Messenden gleichartiges Mass unmittelbar ausgeführtes.

Das Bedürfniss räumliche Ausdehnungen zu messen drängte sich — neben der Zeitmessung (s. Art. Uhr) dem Menschen zunächst auf. Der Mensch nahm hierbei Theile seines Körpers zum Massstabe, als Handbreite, Spanne, Fuss etc. Protagoras stellte sogar den Satz auf, dass der Mensch das Mass aller Dinge sei. Dies gilt jetzt nicht einmal mehr in den Fällen der Messung räumlicher Verhältnisse, geschweige denn in anderen, wo es sich oft um Verhältnisse ganz anderer Natur dreht. In früherer Zeit war die Masseinheit für räumliche Verhältnisse eine sehr mannigfaltige. Als sich der internationale Verkehr aber immermehr anbahnte, wurde das Bedürfniss nach einer gemeinschaftlichen Masseinheit immer dringender empfunden und sogar der Wunsch ausgesprochen, dieselbe so zu wählen, dass sie in derselben Grösse stets wieder ermittelt werden könnte, falls dieselbe verloren gehen sollte. Dies führte dazu, ein Naturmass zu suchen, dessen Länge von dem Erdkörper selbst bestimmt würde. Einerseits glaubte man dies Naturmass in der Länge des einfachen Secundenpendels, andererseits in der Länge eines Meridianbogens zu finden. Ueber die in dieser Beziehung gemachten Anstrengungen enthält Art. Längenmass das Nöthige. Der letztere Vorschlag hat in dem französischen Meter den Sieg davon getragen, ohne dass jedoch damit — wie in dem angeführten Artikel nachgewiesen ist — ein eigentliches Naturmass gewonnen wäre. Bessel sagt ganz recht, dass es bei der Annahme einer Masseinheit nur auf folgende drei Forderungen ankomme. Das Mass muss erstens völlig unzweideutig gemacht werden, so dass jede darauf bezogene Messung keine aus einer Unbestimmtheit des Masses, sondern nur die aus ihrer eigenen Unvollkommenheit hervorgehende Unsicherheit erhalte. Zweitens muss durch jedes Erfolg verheissende Mittel Sorge getragen werden, dass das festgesetzte Mass erhalten bleibt. Drittens müssen zugleich mit der Festsetzung des Masses Mittel ergriffen werden, welche zur Erlangung möglichst vollkommener Copien des Normalmasses mit der grössten Leichtigkeit führen.

Da dieser Artikel sich nur auf das Mass und das Messen im Allgemeinen beziehen soll, so verweisen wir wegen der bestimmten Fälle auf die betreffenden Artikel: Längenmass, Flächenmass, Körpermass, Gewicht nebst Gewichte und Waage, Zeit und Uhr, Kraft etc.

Massflasche, s. Art. Flasche, Lane'sche.

Masse bezeichnet die in dem Volumen eines Körpers enthaltene bestimmte Menge der Materie. Haben Körper verschiedene Massen bei gleichem Volumen, so nennt man denjenigen den dichteren, für welchen die Masse die grössere ist. Das Verhältniss der Dichtigkeiten giebt also das Verhältniss der Massen bei gleichem Volumen. Das specifische Gewicht giebt zugleich das Verhältniss der Dichtigkeiten an (s. Art. Ge-

wicht, specifisches und Dichtigkeit). Abgesehen von gleichem Volumen verhalten sich die Massen verschiedener Körper wie ihre Gewichte. Daraus folgt indessen nicht, dass Masse und Gewicht identisch sind, es ist vielmehr $M = \frac{G}{g}$, wenn M die Masse, G das Gewicht des Körpers und g die Endgeschwindigkeit am Ende der ersten Secunde beim freien Falle bezeichnen (s. Art. Gewicht), weil die Grösse der bewegenden Kraft, welche in einem Augenblicke der Bewegung einer Masse M beiwohnt, das Produkt aus der Masse und der in diesem Augenblicke stattfindenden Endgeschwindigkeit und daher $G = gM$ ist. Der Stoss zweier Körper gegen einander würde das directeste Mittel darbieten, die Masse der Körper zu bestimmen, wenn man nur im Stande wäre, die dabei vorkommenden Geschwindigkeiten genau zu messen.

Masse, reducirte, s. Art. Trägheitsmoment.

Massenanziehung ist die aller Materie eigenthümliche Anziehungskraft, für welche Newton das Gesetz ausgesprochen hat, dass sich dieselbe direct verhalte wie die Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung. Vergl. Art. Attraction und Gravitation. Die Drehwaage (s. d. Art.) liefert ein Beispiel, desgleichen die Ablenkung eines Lothes durch den Berg Shehallien im Art. Erde, S. 289.

Massentheilchen oder Moleküle nennt man Theilchen eines Körpers im Gegensatze zu den Atomen, unter welchen man die kleinsten denkbaren Körpertheilchen versteht. Von manchen Seiten werden zusammengesetzte Atome als Moleküle bezeichnet. Vergl. Art. Atom, Partikel und den folgenden Art. Materie.

Materie ist das unbekannte Etwas, womit der Raum erfüllt ist, welchen die Körper einnehmen. Die Materie setzt die Körper zusammen, macht ihre Wesenheit aus und ist die Ursache der Eigenschaften, welche sie besitzen, und der Eindrücke, welche sie auf unsere Sinne hervorbringen. Physik und Chemie beschäftigen sich beide mit den Eigenschaften der Materie. Die Chemie namentlich erforscht die Veränderungen des materiellen Zustandes der Körper und die besonderen Eigenschaften der Materie jedes einzelnen. Es ist ihr gelungen, den Nachweis zu liefern, dass es nur eine gewisse Anzahl einfacher Materien giebt, die man Elemente nennt (zur Zeit 63), dass aus diesen alle in der Natur vorkommenden Körper zusammengesetzt sind, und dass sich noch viele andere auf künstlichem Wege aus ihnen darstellen lassen. Die Physik behandelt nicht die inneren, sondern die äusseren Veränderungen an den Körpern und hat es mit der Materie also nur insofern zu thun, als sie unter anderen die allen Körpern gemeinsamen Eigenschaften und zwar in den drei Aggregatzuständen derselben erforscht, aber ohne dabei zu fragen, welche specielle Materie gerade vorliegt.

Ueber das Wesen der Materie hat man seit den ältesten Zeiten

speculirt. *Thales* nahm das Wasser als den Anfang aller Dinge an: *Anaximenes* die Luft; *Anaximander* einen besonderen Stoff. ohne irgend eine bestimmte Qualität etc. Durch Speculationen ist hier nichts zu gewinnen; wir müssen uns durch die Erfahrung leiten lassen. und das ist eben die Aufgabe der Chemie. Die Hauptfrage ist hier die. ob wir uns die Materie als etwas den Raum stetig Erfüllendes, oder als ein Aggregat von neben einander gelagerten Molekülen zu denken haben. Nun hat die Chemie nicht nur die Mittel gefunden, die Bestandtheile eines Körpers zu trennen und zu bestimmen, sondern auch den Nachweis geliefert, dass derselbe Körper dieselben Bestandtheile stets in gleichbleibendem Gewichtsverhältnisse besitzt, und dass sich alle Verbindungen stets nach festen Verhältnissen bilden, indem die Bestandtheile nach bestimmten Gewichtsmengen oder nach einfachen Vielfachen derselben zusammentreten. Wollten wir nun annehmen, dass die Materie etwas den Raum stetig Erfüllendes sei und ihre fortgesetzte Theilung nicht auf Atome (s. Art. *Atom*) führe, so bliebe der Vorgang der Verbindung unbegreiflich; denn warum sollten sich dann die Körper nur nach festen Verhältnissen verbinden, wenn nur eine Durchdringung der verschiedenen Materien stattfände? Nehmen wir hingegen an, dass die Materie ein Aggregat neben einander liegender Atome sei, so ist keine Schwierigkeit vorhanden, wie zwei Körper sich zu einem dritten zusammenfügen können, indem die einzelnen Atome der Bestandtheile sich zu zusammengesetzten Molekülen vereinigen. Hierauf weisen alle chemischen Erscheinungen hin, und so können wir nicht umhin, die Materie als ein Aggregat von Atomen aufzufassen. Was aber unter Atom wieder näher zu verstehen ist, darüber ist Art. *Atom* zu vergleichen.

Mathematik, gewissermassen das Handwerkszeug des Naturforschers, ist die Lehre von den Grössen, d. h. von Allem, was vergrössert und verkleinert werden kann. Da man Raumgrössen oder continuirliche Grössen und Zahlengrössen oder discrete Grössen unterscheidet, so zerfällt die Mathematik in zwei Zweige, die aber vielfach wieder in einander greifen, nämlich in die Geometrie, welche sich mit den Raumgrössen, und in die Arithmetik, welche sich mit den Zahlengrössen beschäftigt. Das Messen ist eine Hauptthätigkeit des Naturforschers und die Ergebnisse dieser Operation führen zur Anwendung der Mathematik in der Naturforschung.

Mathematisch als Gegensatz zu *physisch* bezieht sich nur auf das räumlich Ausgedehnte ohne Raumerfüllung durch die Materie, während physisch stets auf das Vorhandensein von Materie deutet. Beispiele finden sich vielfach und verweisen wir auf die näher bezeichnenden Artikel z. B. *Hebel*, *Pendel*, *Körper*, *Bild* etc.

Mauerquadrant heisst ein jetzt ausser Gebrauch gekommenes astronomisches Instrument zur Beobachtung der Mittagshöhen der Gestirne.

Das Wesentlichste war ein Gradbogen, welcher den vierten Theil eines Kreises betrug und an einer verticalen Wand so befestigt war, dass die Kreisebene des Bogens in der Meridianebene lag und der obere begrenzende Radius eine horizontale, der andere vom Centrum abwärts gerichtete hingegen eine verticale Richtung hatte; ferner eine durch das Centrum gehende Alhidade mit Dioptern oder mit einem Fernrohr, so dass die Visirlinie genau durch das Centrum ging. Tycho de Brahe hatte auf seiner Sternwarte zu Uranienburg einen hölzernen Mauerquadranten mit Dioptern; Hevel liess sich einen aus Messing anfertigen; Picard scheint zuerst das Fernrohr angebracht, wenigstens die Veranlassung dazu gegeben zu haben. Die Mauerquadranten waren 8 bis 10 Fuss im Radius und haben jetzt handlicheren und vielseitigerer Verwendung fähigen Instrumenten weichen müssen.

Maultrommel, die, ist ein unvollkommenes musikalisches Instrument, welches aus einer elastischen Stahlzunge besteht, die durch Anschlagen mittelst des Fingers zum Schwingen gebracht wird, während man das ganze, stählerne oder eiserne Instrument zwischen die Zähne nimmt. Die Schwingungen der Stahlzunge würden nur einen einzigen tiefen Ton geben; deshalb können verschiedene Töne nur dadurch erzeugt werden, dass man die Mundhöhle mittelst der Zunge und Lippen gehörig abändert. Die Handharmonika und das Harmonium (s. diese Art.) sind aus der Maultrommel hervorgegangen.

Mauritiussommer, s. Art. Indianersommer.

Mausim bezeichnet im Altarabischen die wechselnden Winde, welche die Malaien Musim, die Engländer Monsoon, die Franzosen Mousson, die Deutschen Mussons nennen. Näheres im Artikel Musson.

Mauthwaage, s. Art. Brückenwaage.

Maximum, s. die näher bezeichnenden Art., z. B. Thermometer.

Mayer's Gesetz lautet: Die Wärme, welche von einem ideellen Gase bei Ausdehnung in unveränderter Temperatur aufgenommen wird, ist dem Aequivalente der ausgeübten äusseren Arbeit gleich. Vergl. Art. Aequivalent, mechanisches, der Wärmeeinheit.

Mayer'sche Röhre, s. Art. Röhre, Mayer'sche.

Mechanik ist die Wissenschaft, welche von den Bewegungsgesetzen physischer Körper handelt. Kein Körper kann seinen Zustand von selbst verändern; erleidet dieser dennoch eine Veränderung, so muss eine besondere Ursache vorhanden gewesen sein, welche dies bewirkt hat. Die Ursachen der Veränderungen nennt man Kräfte. Die Wirkung einer Kraft besteht demnach darin, dass sie entweder einen ruhenden Körper in Bewegung versetzt, oder dass sie die Bewegung eines bewegten — sei es in Hinsicht der Geschwindigkeit oder der Richtung oder Beider zugleich — verändert. Da nun die Naturlehre sich mit der Erforschung der Gesetze und Ursachen der Veränderungen an

den Körpern beschäftigt, so ist die Mechanik ein Hau
Wissenschaft und zwar der Physik, weil die in das Gebiet
fallenden Veränderungen oder Erscheinungen nicht in ei
werden der Materie bestehen. Bei der Erforschung einer
nung kommt es zunächst darauf an, die Erscheinung unter d
einfachsten Bestimmungsstücken zu erfassen, dann die Verä
verfolgen, welche neu hinzutretende Bestimmungen herbeif
halb gründet sich die Mechanik auf die reine, d. h. rein m
Bewegungslehre oder Phoronomie (vergl. Art. Bewegu
dann erst führt man als neues Bestimmungsstück den Ei
physischen Körpern beiwohnenden Schwerkraft ein. Ma
z. B. erst die Gesetze des mathematischen Hebels, des ma
Pendels etc. und geht dann erst zu dem physischen Heb
schen Pendel über. Je nach dem Aggregatzustande der
fällt nun die Mechanik in die Mechanik fester oder starr
flüssiger und luftförmigflüssiger Körper und jeder Abschn
in zwei Theile, nämlich in einen, welcher von den Gesetze
gewichts, und einen zweiten, welcher von den Gesetzen d
handelt. Der erstere dieser beiden Theile der Mechan
Statik, der andere die Dynamik. Die Mechanik zer
in 1) die Lehre vom Gleichgewichte starrer Körper oder G
2) die Lehre von dem Gleichgewichte tropfbarflüssiger
Hydrostatik, 3) die Lehre von dem Gleichgewichte
Körper oder Aërostatik, 4) die Lehre von der Bewe
Körper oder Geodynamik, 5) die Lehre von der Bew
barflüssiger Körper oder Hydrodynamik und 6) die L
Bewegung luftförmiger Körper oder Aërodynamik
matik; ausserdem fasst man je zwei dieser Abschnitte v
sammen als Geomechanik, Hydromechanik oder
und Aëromechanik. In Betreff der Geomechanik verw
die Art. Bewegungslehre, Schwerpunkt, Sta
einzelnen einfachen Maschinen (s. Art. Maschine), Pen
etc., in Betreff der Hydromechanik auf Art. Hydrostati
fluss, in Betreff der Aëromechanik auf eben die beiden let
wie sich aus denselben rechtfertigen wird.

Mechanisch, s. die Artikel, auf welche sich die näh
nung bezieht.

Medianebene, verticale, hat man diejenige Eb
welche durch den Mittelpunkt der Grundlinie der Augen
Visirebene und Grundlinie senkrecht steht. Die Visireb
sich durch die beiden Sehaxen gelegt zu denken und in
der fixirte Punkt. Grundlinie ist die Gerade, welche di
punkte der Richtungslinien beider Augen verbindet.

Medicinalgewicht oder Apothekergewicht, s. Art. Gewichte.

Medium oder Mittel nennt man gewöhnlich einen durchsichtigen Körper, welchen also das eindringende Licht mehr oder weniger ungeschwächt durchstrahlen kann. Die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse und die gläserne Feuchtigkeit oder der Glaskörper sind z. B. optische Medien des Auges. — Ein widerstehendes Medium ist ein tropfbarflüssiger oder luftförmigflüssiger Körper, der einem Körper, welcher sich in demselben bewegt, einen gewissen Widerstand entgegensetzt.

Meer, Weltmeer, Ocean, die See heisst die grosse Wassermasse, welche in stetigem Zusammenhange einen grossen Theil der Erdoberfläche ausmacht und die grossen Ländermassen sowohl, welche Festlande oder Continente genannt werden, als auch die Inseln umgiebt. Aber nicht nur diese grosse Wassermasse als ein Ganzes wird so bezeichnet, sondern auch einzelne Theile derselben, welche durch die Begrenzung des Festlandes als abgesonderte Glieder aus dem Ganzen sich ausscheiden, oder wegen ihres besonderen Charakters eine Sonderung von den übrigen Theilen bedingen, werden mit diesem Namen belegt, sogar grössere Theile dieser Abtheilungen haben wieder die Bezeichnung als Meere erhalten und selbst einzelne grosse Binnenseen, ungeachtet dieselben mit dem Weltmeere in gar keiner Verbindung stehen. Ohne auf die geographischen Verhältnisse näher einzugehen, sollen hier nur die physikalischen charakterisirt werden.

1) Meeresspiegel. Die Oberfläche des Meeres, der Meeresspiegel, sollte nach hydrostatischen Gesetzen horizontal sein und daher überall dieselbe Höhe haben, weshalb man auch z. B. alle Höhenmessungen auf der Erde als Erhebungen über die Meeresfläche bestimmt. Indessen aus denselben Gründen, aus welchen die Erde abgeplattet ist, folgt, dass nicht alle Punkte der ruhigen Meeresoberfläche gleichweit von dem Mittelpunkte der Erde abstehen können, und ausserdem machen auch diejenigen Meere grösstentheils eine Ausnahme, welche vom Lande in ihrer grössten Ausdehnung eingeschlossen sind und mit der übrigen Wassermasse des Meeres nur durch enge Kanäle in Verbindung stehen. — Das rothe Meer steht an der Strasse Bab-el-Mandeb höher als in dem Busen von Suez und zwar soll vom Mai bis October der Höhenunterschied zwei Fuss betragen. Die Ursache hiervon sind die in dieser Zeit herrschenden nördlichen Winde und die gleichzeitig im arabischen Meere stattfindende starke Verdunstung. — Die Ostsee steht bei Kiel mindestens 1 Fuss höher als die Nordsee an der Mündung der Eider. Zwischen dem bothnischen Meerbusen bei Torneå und dem Kattegat ist eine Niveaudifferenz von wenigstens 5 Fuss, wofür auch die vom Sunde und den Belten in das Kattegat gehende Strömung selbst bei nördlichen Winden spricht. Als Grund nimmt man an, dass auf der Ostsee nicht



soviel Wasser verdunstet, als durch die flussreichen Küsten hineingeführt wird. — Das schwarze Meer steht höher als das Marmara-Meer, dieses höher als der griechische Archipelagus. Das mittelländische Meer selbst steht niedriger als der atlantische Ocean. Desgleichen soll dies Meer einen niedrigeren Stand haben als das rothe Meer und zwar zu Zeiten um $30^1/_2$ par. Fuss. Bei Alexandrien steht das mittelländische Meer im Durchschnitt 9 Fuss niedriger als das rothe Meer. Bei Perpignan steht das mittelländische Meer 2,7 Fuss niedriger als die Nordsee bei Dünkirchen. — In Folge der von West nach Ost gehenden Axendrehung der Erde haben die Meere an den westlichen Küsten einen höheren Stand als an den östlichen. Alex. v. Humboldt spricht sich dahin aus, dass im Allgemeinen die Oberfläche aller mit einander zusammenhängenden Meere hinsichtlich ihrer mittleren Höhe als vollkommen im Niveau stehend betrachtet werden müsse, und dass nur örtliche Ursachen permanente Verschiedenheiten hervorbringen können.

Einige Naturforscher haben angenommen, dass das Meer in einer fortwährenden Abnahme begriffen sei, und viele Beispiele gesammelt, aus denen hervorgeht, dass Orte jetzt weit ab vom Meere liegen, die in früheren Zeiten ihre Lage an der Meeresküste hatten. Die grösser werdende Entfernung des Meeres von der Küste lässt aber auch eine andere und zwar wahrscheinlichere Erklärung als eine Abnahme des Meeres zu, z. B. eine Hebung der Küste. — Von anderer Seite ist eine Hebung der Meeresoberfläche behauptet worden, weil durch die Flüsse ununterbrochen eine grosse Menge Sand und Erde in das Meer geschwemmt werde. Auch hierfür hat man eine grosse Anzahl von Belegen beizubringen gesucht, indem es viele früher bewohnte Stellen giebt, welche jetzt vom Meere bedeckt sind. — Man kann wohl aus allen Beobachtungen den Schluss ziehen, dass im Allgemeinen weder eine Abnahme, noch eine Zunahme des Meeres stattfindet, da die für das Eine oder das Andere beigebrachten Thatsachen sich entweder durch die Wirkung vulkanischer Kräfte, oder durch gewaltsame Zerstörungen durch die andringenden Meereswogen erklären lassen. — Schulten hat bereits 1806 nachgewiesen, dass in der Ostsee der Meeresspiegel steigt, wenn der Luftdruck abnimmt und umgekehrt, und Daussy hat 1836 zu Lorient an der Westküste Frankreichs diesen Zusammenhang bestätigt gefunden. Im Juli und September steht die Ostsee 3 Zoll unter und im December und April 2 Zoll unter dem Mittel.

2) Meerestiefe. Der Grund des Meeres erscheint als Fortsetzung der festen Erdoberfläche und zwar als der tiefliegende Theil. Die Inseln, Klippen und Tiefmessungen bestätigen die Ungleichheit des Meeresgrundes. Zur Messung der Tiefe des Meeres bedient man sich gewöhnlich des Senkbleies, der Sonde und ähnlicher Instrumente, welche im Allgemeinen Bathometer genannt werden und im Art. Batho-

meter ihre Erledigung gefunden haben. Wegen des bei den Tiefmessungen gebräuchlichen Ausdrucks Peilung oder peilen s. Art. Peilen. — Ueber die Tiefe des Meeres im sogenannten blauen Wasser genaue Resultate zu erhalten, bieten sich grosse Schwierigkeiten dar, da die unterseeischen Strömungen den Faden des Senkbleis aus der lothrechten Richtung ablenken. Die werthvollsten Messungen rühren von Maury her. Hiernach hat der mexikanische Meerbusen höchstens eine Tiefe von 5280 Fuss, — 30 geogr. Meilen nördlich vom Nordrande der Halbinsel Yucatan wurde mit 104 Faden Grund gefunden, — das caraibische Meer ist tiefer, namentlich hat sich bei der Landenge von Panama eine Tiefe von über 2000 Faden ergeben, — auf dem Meeresgrunde zwischen Cap Race in Neufundland und Cap Clear in Irland befindet sich das sogenannte Telegraphen-Plateau, auf welchem die Tiefe wahrscheinlich nirgends mehr als 10,000 Fuss beträgt. Die grössten Tiefen, in welchen der Meeresgrund mit Senkblei sicher erreicht worden ist, befinden sich im atlantischen Oceane und gehen nicht über 25,000 Fuss. Die tiefste Region scheint zwischen dem 35 und 40° n. Br. und zwar unmittelbar südlich von den grossen Bänken von Neufundland zu liegen. Angeblich grössere Tiefen sind unzuverlässig.

Die Binnenmeere haben in der Regel eine weit geringere Tiefe als der offene Ocean. Die gewöhnliche Tiefe in der Mitte der Ostsee ist 30 bis 40 Faden und nur zwischen der Insel Gotland und Windau vertieft sich der Boden auf 140 Faden; im bothnischen Meerbusen sind die tiefsten Stellen gegen die Mündung 67 bis 100 Faden; im finnischen Meerbusen, ebenfalls an der Mündung, 70 Faden. — Die Nordsee ist bei der Strasse von Calais am seichtesten und wird nach Norden immer tiefer. Die tiefste Stelle in der Strasse von Calais beträgt nur 26 Faden. Schon die vielen Bänke der Nordsee deuten auf geringe Tiefe. — Auch im Englischen Kanale nimmt die Tiefe mit der Entfernung von der Strasse von Calais zu und beträgt zwischen der Südwestspitze von Irland und der Nordwestspitze von Spanien 100 Faden, 20 d. Meilen westlich von Erris Head schon 1380 Faden. — Der Irische Kanal ist weit tiefer als der Englische Kanal. — Die Meere im Süden Europas sind tiefer als die im Norden. Der westliche Theil des Mittelmeeres scheint tiefer zu sein als der östliche.

3) Meerwasser. Von den Gewässern der Landseen und der Flüsse unterscheidet sich das Meerwasser durch seinen besonderen Geschmack, welcher ein Zeichen eigenthümlicher chemischer Mischung desselben ist. Ein wesentlicher Bestandtheil ist das Kochsalz. In dem Salzgehalte der tropischen Meere, wo die Verdunstung so stark ist, und in dem der Polargegenden zeigt sich kein auffallender Unterschied, da hier beim Gefrieren des Meerwassers das Salz ausgeschieden wird (s. Artikel Eis. S. 248.) und überdies durch die Strömungen und

sonstigen Bewegungen des Meeres eine fortwährende Vermischung und Ausgleichung stattfindet. Dennoch zeigen die einzelnen, namentlich die abgeschlossenen Meere Verschiedenheiten. Das Wasser des rothen Meeres an der Oberfläche ist immer salziger und specifisch schwerer, je weiter es von der Mündung der Strasse Bab-el-Mandeb entfernt ist, weil ein grosser Theil des aus dem indischen Oceane eingeführten Wassers verdunstet. Eine untere Strömung führt das Salz, welches durch die obere in das Meer gelangt, wieder fort. Das Letztere ist auch in dem mittelländischen Meere der Fall in Folge einer unteren Strömung in der Strasse von Gibraltar. Das schwarze Meer hat einen schwächeren Salzgeschmack als der offene Ocean; ebenso ist es mit der Ostsee, der Nordsee, dem ochozkischen und dem chinesischen Meere. An den Mündungen grosser Flüsse zeigt sich natürlich ein geringerer Salzgehalt. Auch macht die Zeit der Ebbe und Fluth an den Küsten einen Unterschied. Im Allgemeinen beträgt der mittlere Salzgehalt $3\frac{1}{2}$ Procent. Ueber das Verhältniss an der Oberfläche und in der Tiefe sind die Resultate noch sehr verschieden. Nach einigen Angaben findet kein Unterschied statt, nach anderen ist der Salzgehalt im Allgemeinen unten grösser. — Ebenso herrscht über die Dichte des Meerwassers noch eine gewisse Unsicherheit. Die Angaben schwanken zwischen 1,0237 und 1,02551 in der Nordsee bis auf 1,0375 in 46° 2′ n. Br. und 19° 30′ westl. Länge von Greenwich im spec. Gewichte.

Wegen des Verhaltens des Meerwassers beim Gefrieren vergl. Art. Eis, wegen der Farbe Art. Farbe des Meeres, wegen des Leuchtens Art. Leuchtthiere, indessen kann auch durch Reibung des Schiffes am Wasser ein electrisches Leuchten an der Oberfläche erzeugt werden, und ausserdem beobachtet man auch in wärmeren Himmelsstrichen bei Windstille, heissem Wetter und kleinem Wellenschlage auf der ganzen Oberfläche des Meeres einen Lichtglanz, der von einer öligen, phosphorartigen, flüssigen Substanz herzurühren scheint, die sich über die Oberfläche des Wassers verbreitet und bei Berührung mit der atmosphärischen Luft entzündet. In Betreff der Zusammendrückbarkeit haben Versuche ergeben, dass dieselbe bei 12°,6 C. für eine Atmosphäre 0,0000413 beträgt, während sie für süsses Wasser 0,0000502 ist.

In Bezug auf die Temperatur des Meerwassers zunächst an der Oberfläche liegt noch keine ausreichende Beobachtungsreihe vor. Eine tägliche Periode macht sich gar nicht bemerkbar; auch die jährliche Periode bewegt sich in verhältnissmässig sehr engen Grenzen und hängt nicht sowohl unmittelbar vom Sonnenstande, als vielmehr von der mit dem Sonnenstande veränderlichen Richtung und Intensität der Meeresströme ab. Für die Temperatur des Aequators hat man berechnet: atlantischer Ocean 26°,64, indischer Ocean 27°,10 und grosser

Ocean 28°,46 C.; für die Pole: Nordpol, atlantischer Ocean —5°,92, grosser Ocean —5°,60 C.; Südpol, atlantischer Ocean —9°,78, grosser Ocean — 9°,81 und indischer Ocean —14°,45 C. Als Maximum für die Temperatur des Meerwassers an der Oberfläche setzt Mahlmann 31° C. Die Maxima liegen jedoch nicht am Aequator, sondern finden sich auf schmale Zonen und Flecken von oft kaum 1° Breite bald im Norden bald im Süden des Aequators beschränkt und reichen mitunter bis zum 6. Breitengrade. Der grösste Kreis, welcher durch diese Stellen des wärmsten Wassers geht, schneidet nach v. Humboldt den Aequator unter einem Winkel, der sich mit der Abweichung der Sonne zu ändern scheint, der sich aber nicht durch den atlantischen Ocean fortsetzt. Im atlantischen Oceane hat man nicht über 28° C. beobachtet. Auf dem Parallelkreise des wärmsten Wassers, nämlich dem der Galapagos-Inseln, ist die Temperatur des Oceans an der Oberfläche 2 bis 3° C. höher als die Temperatur der Luft an der Meeresfläche. Die mittlere Temperatur des Meeres zwischen 3° nördl. und 3° südl. Breite schätzt von Humboldt zu 26°,8 bis 28° C. Die mittlere Temperatur des Antillen-Meeres unfern der Küste von Venezuela ist 25°,8 C. Das Minimum der Temperatur des Meerwassers an der Oberfläche tritt ein unmittelbar vor seiner Erstarrung, also unter —2°,5 C. — Mit der Tiefe zeigt sich vorwaltend eine Temperaturabnahme des Meereswassers. Aus Beobachtungen von Lenz ergiebt sich für den atlantischen Ocean, dass in der Tiefe von etwa 420 engl. Fuss die Temperaturen von 48° bis 27° nördl. Br. wachsen von 12° bis 20°,5 C.; diese letztere Temperatur erhält sich bis 20° nördl. Br., dann aber nimmt die Temperatur wieder ab und bleibt von 15° nördl. Br. bis zum Aequator constant, etwa 14°,5 C.; bis 10° südl. Br. zeigt sich auch dieselbe Temperatur, von dort an steigert sich dann dieselbe wieder, kann jedoch aus Mangel an Beobachtungen nicht weiter als bis 21° verfolgt werden. Auch im grossen Oceane ist für dieselbe Tiefe die Temperatur am höchsten zwischen 21° und 15° nördl. Br. und nimmt sowohl nach Norden hin als nach dem Aequator zu mehr und mehr ab. Nach J. C. Ross findet man in einer durchschnittlichen Breite von 55° s. Br. in allen Tiefen des Meeres dieselbe Temperatur von 4°,1 C., während mehr nach dem Aequator zu oben eine höhere Temperatur, die nach unten bis zu 4°,1 C. abnimmt, und mehr nach dem Pole hin oben eine niedrigere, nach unten hin bis zu 4°,1 zunehmende Temperatur herrscht. Am Aequator war oben 26°,1 C. an der Oberfläche und erst in 1200 Faden Tiefe 4°,1, während in 45° s. Br. die letztere Temperatur schon in 600 Faden Tiefe eintritt. Hiernach giebt es eine Linie submariner Temperaturgleiche, welche die Grenzscheide eines äquatorialen und eines polaren Meeresbeckens bildet. — Im südlichen Theile des mittelländischen Meeres scheint die Temperatur von der Oberfläche bis zu 300 oder 400 Meter Tiefe während des ganzen Jahres ab-, im nördlichen hingegen

während des Winters bis zu dieser Tiefe zuzunehmen. — Ueber Untiefen zeigt sich gegen die Umgebung eine so auffallende Temperaturerniedrigung, dass man das Thermometer als Sonde gebrauchen kann.

Die Temperaturabnahme in der Tiefe des Meeres ist von manchen Seiten als ein Beweis gegen die höhere Temperatur des Erdinneren angesehen worden. Da indessen das Meerwasser keinen Punkt grösster Dichtigkeit, wie das süsse Wasser, vor dem Gefrieren erreicht, so sollte man in der Tiefe Wasser von fast —2⁰,5 C., dem Gefrierpunkte des Meerwassers, erwarten und da dies nicht der Fall ist, so dürfte man auf eine Wärmeaufnahme von dem Boden her zu schliessen berechtigt sein.

Im Frühjahre ist das Meerwasser im Allgemeinen am kältesten und die Differenz mit der Lufttemperatur am bedeutendsten. Es finden sich indessen Abweichungen und z. B. an der Westküste Irlands soll das ganze Jahr hindurch das Wasser wärmer sein als die Luft.

4) Bewegungen des Meeres. Die Bewegungen des Meeres sind theils regelmässig, theils unregelmässig. Eine der merkwürdigsten regelmässigen Bewegungen ist die durch die Gravitation hauptsächlich zwischen Erde und Mond, dann auch noch zwischen Erde und Sonne bedingte Ebbe und Fluth. Der Art. Ebbe enthält das Nähere dieser Erscheinung. — In Folge des Einflusses der ungleichen Erwärmung der Meeresoberfläche durch die Sonnenstrahlen — die wärmeren Wassertheilchen steigen, da sie leichter geworden sind, empor und die kälteren fallen als die schwereren nieder — ; ferner in Folge der in den Aequatorialgegenden stärkeren Verdunstung, wodurch ein Zuströmen des Wassers von Norden und Süden zu dem Aequator veranlasst wird, treten in dem Meere Strömungen ein. Hierüber handelt Art. Meeresstrom. — Wenn das mit Gewalt fortströmende Wasser auf Felsen trifft, so entsteht ein Wirbel, eine kreisförmige Bewegung des Wassers, und Stellen, wo dies vorkommt, werden Strudel genannt. Hierüber ist Art. Strudel zu vergleichen. — Endlich über die wellenförmige Bewegung des Meeres, welche namentlich durch den Stoss des Windes gegen das Wasser hervorgebracht wird, enthält Art. Wellenbewegung das Erforderliche.

5) Meeresboden. In dem zweiten Abschnitte dieses Artikels über die Meerestiefe ist bereits die grosse Unebenheit des Meeresbodens hervorgehoben. Es fragt sich nun noch, von welcher Beschaffenheit derselbe sei. Mit Hilfe des Apparates von Brooke (s. Art. Bathometer) sind Proben des Meeresbodens aus bedeutenden Tiefen emporgeholt worden. Bailey in West-Point und Ehrenberg in Berlin haben diese Proben untersucht. In dem gehobenen Thone fand Ersterer mikroskopische Muschelschaalen, namentlich kalkhaltige Foraminiferae und kieselhaltige Diatomaceae, aber nie eine Spur von Sand oder Kies. Die Thiere sollen an der Oberfläche gelebt haben und die Schaalen seien nach dem Absterben der Thiere auf dem Grunde abgelagert. Ehren-

berg fand die Proben kalkhaltig, überwiegend aus kleinen Thierschaalen bestehend, nur selten kleine vereinzelte Kalkkrystalle enthaltend. Zuweilen ist der Boden Quarzsand; in grossen Tiefen findet sich Glimmer beigemischt; in geringen Tiefen ergaben sich auch kleine Fragmente von zelligem Bimstein. Die kleinen Schaalthiere finden sich im tiefen Meeresgrunde nicht als leere, todte, ausgefüllte Schaalen, sondern sie sind oft thierisch erfüllt, und Ehrenberg glaubt daher, dass in 12000 Fuss Tiefe am Meeresboden nicht nur ein thierisches, sondern auch ein pflanzliches Leben existire. Der Meeresboden ergiebt sich hiernach als ein fast unsalziger lebenreicher Schlamm- und Sandgrund, und damit ist auch die Annahme Lyell's widerlegt, dass der Salzgehalt mit der Tiefe des Meeres zunehme.

Meer der Finsternisse oder atlantisches Dunkelmeer heisst der Meeresstrich an der Westküste des tropischen Afrika, namentlich zwischen Cap Bojador und Cap Blanco, wegen einer Trübung der Luft durch zimmtfarbenen Passatstaub. S. Art. Passatstaub.

Meer der Frauen heisst der in der Region des Nordostpassats liegende Theil des atlantischen Oceans, weil dort die Schifffahrt so wenig Kunst und Anstrengung erfordert, dass selbst eine Dame das Steuer führen könnte. Die Spanier haben zuerst diese Gegend *el golfo de las damas* genannt.

Meerbarometer, s. Art. Schiffsbarometer.

Meereis, s. Art. Eis. S. 248.

Meereshöhe, s. Art. Meer. 1.

Meeressonde, s. Art. Bathometer.

Meeresspiegel, s. Art. Meer. 1.

Meeresstrom nennt man eine Stelle im Meere, an welcher das Meerwasser in einer bestimmten Richtung, welche von der Windrichtung unabhängig ist, sich bewegt. Wäre die Erde vollständig mit Wasser bedeckt, so würde sich eine unmerkliche verticale Strömung von selbst verstehen, indem die wärmeren Wassertheile als die leichteren emporsteigen, die kälteren als die schwereren herabsinken. Hierfür spricht die Abnahme der Temperatur des Meerwassers mit zunehmender Tiefe (s. Art. Meer. 3.). — Die stärkere Ausdünstung des Meeres in den Aequatorialgegenden bewirkt ein Zuströmen des Wassers von Norden und Süden, aber in Folge der Axendrehung der Erde bekommen diese Strömungen — ähnlich wie die Passatwinde — auf der nördlichen Halbkugel die Richtung aus Nordost und auf der südlichen aus Südost, und Folge hiervon ist wieder am Aequator eine aus Osten kommende Richtung. Die Seeleute nennen die letztere Strömung Weststrom, weil sie nach Westen geht, und die Holländer die Dienung. Die Passatwinde befördern diese Strömungen; auch wirken Ebbe und Fluth begünstigend ein, indem Mond und Sonne das Meerwasser von Osten nach Westen hinter sich herziehen. — Die verschiedene Küstenbildung des

Festlandes ändert nun diese eben bezeichneten Strömungen wesentlich ab, so dass sie entschieden nur auf weiten Meeren normal auftreten können. Wird der Weststrom durch irgend ein Hinderniss gezwungen eine nördliche oder südliche Richtung einzuschlagen, so wird er ebenso wie die vom Aequator zurückkehrenden oberen oder die denselben überschreitenden unteren Passatwinde auf der nördlichen Halbkugel mehr nach Nordost hin und auf der südlichen mehr nach Südost hin streben. Hierbei kann das warme Wasser des Weststroms in hohe Breiten hinweggeführt werden, und somit ergiebt sich ein Einfluss auf das Klima, der nicht blos bei Inseln, sondern bei ganzen Continenten von der allergrössten Wichtigkeit ist. Das Wegströmen des Wassers vom Aequator, das Zuströmen andererseits nach dem Aequator bildet somit ein vollständiges Circulationssystem. Nehmen wir z. B. den nördlich vom Aequator liegenden Theil des atlantischen Oceans, so muss an Europas und Afrikas Westküste das Wasser nach dem Aequator hinströmen, in der Nähe des Aequators nach Westen, an der amerikanischen Küste nördlich gerichtet sein, und in der Mitte dieses Kreislaufes müsste eine Stelle sein, um welche gewissermassen, wie um einen Ruhepunkt, die Rotation erfolgt. Die Sargasso-See ist in der That dies Centrum (s. Art. Sargasso-See). Ebenso ist nach Maury im stillen Oceane westlich von Californien ein Centrum, in Bezug auf welches man ebenso von einem chinesischen oder japanischen Golfstrome sprechen kann, wie von einem amerikanischen oder atlantischen. — Der durch die Küsten in seinem Laufe gestörte Weststrom erscheint somit als der Ausgangspunkt für die grossen, den atlantischen und stillen Ocean durchfliessenden Strömungen. In dieser Abhängigkeit hat man sie von Anfang an nicht erkannt und deshalb sind einzelne Strömungen vorzugsweise studirt und auch mit besonderen Namen belegt worden. Es gehört dahin der bereits von Anghiera und Humfrey Gilbert im 16. Jahrhunderte erkannte Golfstrom (s. d. Art.). Aus dem Golfstrome entwickelt sich an der norwegischen Küste eine Strömung in das sibirische Eismeer, und eine Folge hiervon ist wieder die starke Strömung durch die Behringsstrasse und selbst aus der Baffinsbay, woraus dann wieder die Strömungen des kalten Polarwassers an den Küsten von Grönland und Nordamerika erklärlich werden. — Aus dem Weststrome entwickelt sich ferner der bedeutende Meeresstrom von St. Catharina nach Brasilien und dann zum Cap der guten Hoffnung. — In den Weststrom geht ein 130 Seemeilen breiter Strom an der Südküste Afrikas. — Von dem grünen Vorgebirge ist eine starke Strömung nach dem Meerbusen Fernando-Po; an der Küste von Peru von Chiloé an von Nord und Nordost; bei Ceylon von Mitte März bis October von Norden nach Süden, sonst in entgegengesetzter Richtung; zwischen Malacca und Cochinchina vom April bis August ostwärts, sonst westwärts; in der Sunda-Strasse zur Zeit der Westwinde nach Südwesten, zur Zeit der Ostwinde nach

Osten, während die Strömung sonst dem herrschenden Winde folgt. — An der westlichen Küste Südamerikas gehen die Strömungen von Süden *nach* Norden. Wegen des 1802 von A. v. Humboldt dort entdeckten Stromes s. Art. Humboldtstrom. — Besondere Strömungen zeigen *sich in* Meerengen. In der Strasse von Gibraltar geht ein Oberflächenstrom in das Mittelmeer hinein und ein unterer Strom aus demselben heraus in den atlantischen Ocean. Ebenso ist es in der Strasse Bab-el-Mandeb und im Sunde; überhaupt wird jede Oberflächenströmung durch eine entgegengesetzte untere compensirt. In manchen Meerengen, z. B. in der von Gibraltar, zeigen sich auch an den Seiten der Ufer dem Hauptstrome entgegengesetzt gerichtete Seitenströmungen.

Meerestiefe, s. Art. Meer. 2.

Meerhorizont ist der Rand des Meeres, wo sich dasselbe vom Himmel scheidet. Die Seeleute nehmen diesen Rand als Horizontalpunkt bei ihren Höhenbeobachtungen, müssen dabei aber auf die Vertiefung rücksichtigen, die eigentlich 13′ 14″ betragen sollte, indessen wegen der Horizontalrefraction verschiedene Werthe hat.

Meertrompete hiess ein im 16. Jahrhundert von dem Italiener Marino oder Marigni erfundenes einsaitiges Instrument auf einem dreikantigen, nach dem einen Ende verjüngten Resonanzkasten. Der Ton war trompetenartig schnarrend in Folge eines nur mit einer Kante aufstehenden Steges.

Meerwasser, s. Art. Meer. 3.

Megaelectrometer / **Megameter**, electrisches } nannte man früher ein Electrometer, welches für stärkere Grade der Electricität eingerichtet war, während man ein solches, durch welches sehr schwache Grade erkennbar gemacht werden sollten, ein Mikroelectrometer oder electrisches Mikrometer nannte.

Megaskop nennt man ein Sonnenmikroskop (s. d. Art.) von grösseren Dimensionen. Die Linse hat 3 bis 4 Zoll Durchmesser.

Megaskopie hat man die Herstellung photographischer Bilder von den Bildern des Sonnenmikroskops genannt.

Mehlthau, s. Art. Honigthau.

Meile. Die in den verschiedenen Ländern gebräuchlichen Meilenmasse beziehen sich zum Theil ursprünglich auf die Länge eines Grades im Aequator, alle aber sind später der genauen Vergleichung wegen auf diese Grösse berechnet worden. Am allgemeinsten im Gebrauche ist die geographische oder deutsche Meile, deren sich die niederländischen und deutschen Schiffer vorzugsweise bei Zeichnung der See- und Landkarten bedienten.

Folgende Tabelle giebt die nöthigen Data:

	Pariser Fuss.		Pariser Fuss.
Kilometer	3078,5	Holländische Meile	18031,1
Baiersche grosse Meile	39425,8	„ Seemeile	17130,4
„ kleine „	24212,7	Italienische Meile	5710,1
Dänische Meile	23165	Oesterreichische Meile	45003,5
Englische (neue) Meile	4956,4	Portugiesische Legua	19034
„ Seemeile	5710,1	Preussische Meile	23113
„ League	17130,4	Russische Werst	3284,8
Französische Lieue	13704,4	Schwedische Meile	32911,6
„ Seemeile	17130,4	Sächsische gemeine Meile	20907,8
Geographische Meile	22842,5	„ Polizei-Meile	27877,1
Hannöversche Meile	28800	Spanische Legua	12882

Als Anhalt zur Berechnung, wieviel der angegebenen Meilen auf 1 Grad des Aequator kommen, dient, dass von den englischen Seemeilen zu 5710,1 par. Fuss gerade 60 auf 1 Grad gehen. Zur Berechnung in preussische Fuss genügt die Angabe, dass eine preussische Meile 24000 preuss. Fuss hält. Ein Kilometer ist 3186,199 preuss. Fuss und eine geographische Meile 23642 preuss. Fuss.

Meistre, s. Art. Mistral.

Melloni's Thermomultiplicator, s. Art. Thermomultiplicator.

Melodion, s. Art. Clavicylinder.

Membranen oder ausgespannte Häute kommen in der Physik in Bezug auf ihre Schwingungen (s. Art. Wellenbewegung und Ton) und in Hinsicht der Endosmose (s. Art. Exosmose) vorzugsweise in Betracht.

Mengung oder Bildung eines Gemenges, s. Art. Gemenge.

Mengungsmethode, s. Art. Wärme, specifische.

Menstruum nennt man jede als Auflösungs- oder Extractionsmittel dienende Flüssigkeit. Das von *mensis*, der Monat, herstammende Wort bezieht sich darauf, dass man früher zu solchen Operationen wohl eine Zeit von Monaten verwendete.

Mensur nennt man ein Gefäss, an welchem Striche und Zahlen angebracht sind, welche die Menge der Flüssigkeit angeben, welche das bis zu ihnen gefüllte Gefäss enthält.

Meniscus bezeichnet eine concav-convexe Linse (s. Art. Linsenglas), weil eine solche im Durchschnitt mondsichelförmig aussieht. Im Griechischen bedeutet das Wort einen kleinen Mond.

Mercator's Projection nennt man die bei Karten, namentlich Seekarten, häufig angewandte Projectionszeichnung, nach welcher die Parallelkreise und Meridiane Rechtecke bilden, so dass die Grade der

Parallelkreise einander gleich bleiben, während die Grade der Meridiane in dem Masse wachsen, als die der Parallelkreise auf der Kugeloberfläche abnehmen. Vergl. Art. Projection.

Mercur, s. Art. Planeten.

Meridian oder Mittagskreis eines Ortes der Erde heisst derjenige grösste Kreis der Erdkugel, dessen Ebene man sich zugleich durch beide Pole und durch den betreffenden Ort der Erde gelegt vorstellt. — Der Meridian oder Mittagskreis am Himmelsgewölbe ist derjenige grösste Kreis der scheinbaren Himmelskugel, dessen Ebene durch die beiden Pole und durch das Zenith und Nadir des Beobachters geht. Diese beiden Ebenen, Meridianebenen genannt, fallen zusammen und stehen an dem Orte des Beobachters auf dem Horizonte und ebenso auf dem Aequator senkrecht, jene auf dem der Erde, diese auf dem des Himmelsgewölbes. Die Durchschnittslinie der Meridianebene und des Horizontes heisst Mittagslinie, wird aber wohl auch schlechthin Meridian genannt. Der nordwärts gerichtete Theil der Mittagslinie zeigt von dem Beobachtungsorte aus nach Norden, der südwärts gerichtete nach Süden; eine auf der Mittagslinie an dem Beobachtungsorte senkrecht stehende, in dem Horizonte liegende Linie zeigt auf der Seite, auf welcher die Gestirne aufgehen, nach Osten, auf der anderen, auf welcher dieselben untergehen, nach Westen. — Jeder Stern steht dann am höchsten über einem Orte der Erde, wenn er bei seinem täglichen scheinbaren Umlaufe um die Erde oberhalb durch den Meridian des Ortes geht. Man sagt dann: er culminirt. Dies gilt auch für die Sonne, und da diese bei ihrer Culmination Mittag macht, so hat eben hiervon dieser grösste Kreis seinen Namen erhalten. Der Schatten eines Körpers fällt bei der Culmination der Sonne mit seiner Längsrichtung gerade in die Mittagslinie. Hierdurch erhält man ein Mittel sowohl die Mittagslinie ihrer Lage nach zu bestimmen, als auch mit Hilfe dieser wieder umgekehrt die Culmination der Sonne. Hierauf beruht der Gnomon (s. d. Art.). — Sämmtliche Meridiane werden von dem Aequator und den diesem parallelen Kreisen, den sogenannten Parallelkreisen oder Breitenkreisen, geschnitten. Einer der Meridiane wird als Anfangsmeridian genommen und von ihm aus der Aequator in 360 gleiche Theile getheilt. Diese Theile oder Grade nennt man geographische Längengrade. Sie werden entweder östlich und westlich bis 180° oder nur östlich bis 360° gezählt. Der Anfangsmeridian ist nicht der erste, sondern der nullte. Welchen Meridian man als Anfangsmeridian nehmen soll, darüber ist noch keine Einigung möglich geworden. In Spanien allein rechnet man von 7 verschiedenen Meridianen an. Es ist daher stets die Angabe nöthig, von wo ab die geographische Länge gerechnet worden ist. Die geographische Länge eines Ortes ist die Angabe nach Graden, Minuten, Secunden etc. des Bogens, um welchen der Durchschnittspunkt

des Aequators mit dem Meridian des zu bestimmenden Ortes von dem Durchschnittspunkte des Aequators mit dem Anfangsmeridian entfernt ist, oder des Winkels, unter welchem sich die Ebenen jener beiden Meridiane schneiden. Der Winkel, unter welchem sich überhaupt irgend welche zwei Meridiane schneiden, heisst die Meridiandifferenz der Orte unter jenen Meridianen. Alle Längenbestimmungen sind Bestimmungen von Meridiandifferenzen; die Beobachtung dieser ist aber vielen Schwierigkeiten unterworfen und beruht vorzugsweise auf astronomischen Operationen und neuerdings auf Benutzung der Telegraphendrähte, da die geodätische Bestimmungsmethode unvollkommen und nicht allenthalben ausführbar ist. — Handelt es sich um die ungefähre Verzeichnung der Mittagslinie an einem bestimmten Orte, so kann man verschiedene Wege einschlagen. Man richtet ein Fernrohr mit einer Verticalbewegung, z. B. das Rohr eines Theodoliten, auf den Polarstern und legt nun durch die Axe des Rohres eine verticale Ebene. Ebenso kann man das Fernrohr nach der Sonne richten im Augenblicke der Culmination. Ist ein nach Süden liegendes Fenster vorhanden, oder soll die Bestimmung im Freien geschehen, so errichte man auf einer horizontalen Platte einen verticalen Stift, der am oberen Ende eine dünne Metallplatte mit einem kleinen Loche trägt, schlage um den Fusspunkt mehrere concentrische Kreise und beobachte an einem heiteren Tage die Stellen in jenen Kreisen, in welche das durch die Oeffnung fallende Sonnenbildchen hintrifft. Halbirt man den Winkel, welchen zwei auf demselben Kreise liegende Stellen mit dem Fusspunkte bilden, so erhält man die Richtung der Mittagslinie. Beobachtet man am Tage der Frühlings- oder Herbst-Tag- und Nachtgleiche die Richtung, in welcher die Sonne auf- oder untergeht, und errichtet auf dieser Richtung im Horizonte eine senkrechte Linie, so giebt diese ziemlich genau die Mittagslinie. Bei der Aufstellung einer Sonnenuhr wird namentlich die vorletzte Methode genügen. Soll die Richtung der Mittagslinie ganz genau sein, so sind astronomische Beobachtungen nicht zu umgehen. — Schliesslich sei erwähnt, dass eine Meridiandifferenz von einem Grade eine Zeitdifferenz von 4 Minuten zur Folge hat. Von Berlin bis Stettin ist eine Zeitdifferenz von 5 Minuten und von Berlin bis Danzig von 21 Minuten. Auf demselben Meridiane liegende Orte haben dieselbe Zeit; zu einer Meridiandifferenz von 180 Grad gehört eine Zeitdifferenz von 12 Stunden.

Meridian, astronomischer, fällt zusammen mit dem im Art. Meridian besprochenen geographischen. Zu bemerken ist indessen, dass die astronomische Länge eines Gestirnes nicht auf dem Aequator, sondern auf der Ecliptik gemessen wird. Auf dem Aequator misst man die Rectascension der Gestirne.

Meridian, geographischer, s. Art. Meridian.

Meridian, magnetischer, s. Art. Magnetismus der Erde. 1. und Declination.

Meridiandifferenz } s. Art. Meridian.
Meridianebene }

Meridiankreis oder Mittagskreis s. Art. Meridian. Bei einem Passageninstrumente, welches nicht nur zur Bestimmung der Rectascensionen, sondern auch der Declinationen dienen soll, findet sich überdies auch ein verticaler Kreis, welcher Meridiankreis genannt wird.

Meridianzeichen nennt man ein im Norden und Süden eines im Meridiane aufgestellten Fernrohres angebrachtes Zeichen. Es besteht gewöhnlich aus einem steinernen Pfeiler oder Obelisken, der auf der Seite, welche dem Instrumente zugewendet ist, wenigstens mit zwei verticalen schwarzen Strichen bezeichnet wird.

Mesmerismus. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts trat ein Schweizer, Mesmer, geb. 1735, auf und gab vor, eine in dem Menschen liegende Kraft entdeckt zu haben, in anderen Personen, namentlich in Kranken, eigenthümliche Erscheinungen, den sogenannten magnetischen Schlaf, hervorrufen zu können. Die Person, welche Andere in den magnetischen Schlaf versetzt, ist der Magnetiseur und die Letzteren werden Somnambülen (Traumwandler) genannt. Der magnetische Schlaf wird geschildert als ein Zustand, in welchem man weder wacht, noch schläft, gewissermassen ein Wachen im Schlafe. Die magnetisch Schlafenden wären in ihrer geistigen Thätigkeit freier und von äusseren Einwirkungen unabhängiger, könnten nicht nur das Wesen eigener Krankheiten, sondern auch fremder Personen erkennen, wären im Stande die Mittel anzugeben, durch welche Herstellung erfolgen werde, vermöchten entfernte Gegenstände zu sehen, Zukünftiges vorherzusagen und dergl. Im letzteren Falle nennt man gewöhnlich die Magnetisirten Hellsehende (clairvoyantes). Zum Magnetiseur soll sich allerdings nicht Jedermann eignen. Der Magnetiseur streicht, die magnetisirende Person fast berührend, mit den Händen von der Stirn längs des Halses nach dem Leibe hin, wohl selbst bis zu den Füssen, führt die Hände auf einem Umwege zurück und wiederholt diese Hantirung, bis der Schlaf eintritt; oder er spreizt die Finger der vor das Gesicht der zu magnetisirenden Person gehaltenen Hände aus und zieht sie wieder zusammen. Diese letztere Art zu magnetisiren nennt man Spargiren. Soll der magnetische Schlaf wieder aufgehoben werden, so wird die entgegengesetzte Bewegung vorgenommen und von unten nach oben gestrichen. — Im Jahre 1784 sprach in Paris eine Commission aus 4 Aerzten und 5 Naturforschern sich dahin aus, dass die Mesmer'sche Lehre unbegründet sei. Ebenso fällte 1838 die französische Academie ein ungünstiges Urtheil. Gleichwohl treten von Zeit zu Zeit sogenannte Somnambülen auf und es fehlt nicht an Gläubigen, die im Diamagnetismus (s. d. Art.) einen Anhalt suchen.

Messcompass, s. Art. Boussole.

Messen, s. Art. Mass.

Metacentrum ist derjenige Punkt eines schwimmenden Körpers (s. Art. Hydrostatik. E.), in welchem die durch den Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit bei gestörtem Gleichgewichte gehende Verticale die Linie trifft, welche den Schwerpunkt des schwimmenden Körpers in der Gleichgewichtslage mit dem Schwerpunkte der dann verdrängten Flüssigkeit verbindet. Ein auf einer Flüssigkeit schwimmender Körper schwimmt stabil, wenn sein Schwerpunkt unter dem Metacentrum liegt, und zwar ist seine Stabilität um so grösser, je tiefer der Schwerpunkt liegt, je grösser das Gewicht des Körpers ist, und je grösser die Abweichung von der Gleichgewichtslage sein kann. Die Lage des Metacentrums ist von besonderer Wichtigkeit bei dem Schiffbaue. Ein nicht befrachtetes Schiff muss, um in See gehen zu können, soviel Ballast einnehmen, dass der Schwerpunkt bei der möglichst grössten Abweichung von der Gleichgewichtslage noch unter dem Metacentrum liegt. Ist dies nicht der Fall, so kentert das Schiff, d. h. es schlägt um.

Metallbarometer oder Aneroid-Barometer, s. Art. Barometer.

Metalle nennt man diejenigen chemischen Elemente, welche sich vorzugsweise von der anderen Gruppe, den Metalloiden (metallähnliche Körper und von Berzelius so benannt), durch Undurchsichtigkeit, sogenannten Metallglanz, bedeutendes Leitungsvermögen für Wärme und Electricität, Geschmeidigkeit und hohes specifisches Gewicht unterscheiden. Im Art. Aequivalent, chemisches, sind die chemischen Elemente aufgeführt und wir machen daher hier nur die geringere Zahl der Metalloide namhaft, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Fluor, Chlor, Brom, Jod, Bor und Kiesel oder Silicium. Die übrigen gehören zu den Metallen: indessen ist die Stellung von Selen, Tellur und Arsenik noch zweifelhaft. — Plangemäss können hier nur einige Bemerkungen Platz finden. Gold, Selen und Kupfer sind in sehr dünnen Blättchen durchscheinend. Metallglanz tritt nur auf Krystallflächen und nach vorhergegangener Politur auf. Selen leitet die Wärme und namentlich die Electricität schlecht; andererseits ist ausgeglühte Holzkohle ein ziemlich guter Electricitätsleiter. Selen, Tellur, Antimon, Wismuth und Arsenik sind sehr wenig geschmeidig. Die Metalle der Erden, der alkalischen Erden und der Alkalien machen in Hinsicht des grossen specifischen Gewichtes eine Ausnahme; Kalium und Natrium sind sogar leichter als Wasser. Aluminium hat ein auffallend geringes spec. Gewicht. — Schon aus diesen wenigen Andeutungen geht hervor, dass sich zwischen den Metallen und Metalloiden keine scharfe Grenze ziehen lässt.

Metallgemisch, s. Art. Legirung.

Metallglanz ist der eigenthümlich lebhafte, aber schwer zu beschreibende Glanz der Metalle (s. d. Art.). Ueber das Wesen des Glanzes überhaupt s. Art. Glanz.

Metallmischung, s. Art. Legirung.

Metallochromie. Die von Nobili 1826 entdeckten Farbenringe (s. Art. Farbenringe. D.) führten Edmund Becquerel auf die Erzeugung prachtvoller Farben auf verschiedenen Metallen. Bringt man die Metalle (Argentan, Silber, Stahl) als positive Electrode in eine Lösung von Bleioxyd (Bleiglätte) in Aetzkali, während man als negative Electrode eine kleine Platinplatte oder eine aus einer Glasröhre hervorragende Platinspitze braucht, die dem Metalle gegenüber aufgestellt ist, so scheidet sich an der Kathode Blei und an der Anode Bleihyperoxyd in dünnen Schichten aus. Die Dicke dieser Schichten nimmt mit der Entfernung von der negativen Spitze ab und dadurch entstehen die herrlichsten Farbenringe. Die hierbei zu verwendende Batterie besteht aus 4 bis 6 Grove'schen Elementen. Die Metallochromie ist die Kunst, auf Metallen auf die angegebene Weise Farben zu erzeugen.

Metalloid, s. Art. Metalle.

Metallreiz ist der durch die gegenseitige Berührung zweier Metalle hervorgebrachte galvanische Reiz. S. Art. Galvanismus.

Metallspiegel sind polirte Metallflächen. Jetzt fertigt man dieselben gewöhnlich aus Gussstahl an. Der Spiegel ist vor dem Härten des Stahles schon möglichst fertig zu machen, dann wird er geglüht, in Wasser mit etwas Salmiak gelöscht und geschliffen. Früher nahm man gewöhnlich zur Masse der Metallspiegel 64 Theile Kupfer und 29 Theile Zinn, oder 32 und 15, oder 1 Theil gutes Messing und 1 Theil Arsenik. Auch versilberter Spiegel bedient man sich, namentlich bei Versuchen über Wärmereflexion. Edle Metalle sind zu Spiegeln zu weich.

Metallthermometer gründen sich darauf, dass ein Metallstreifen, der aus zwei neben einander liegenden, fest verbundenen Streifen zweier Metalle von verschiedenem Wärmeausdehnungscoefficienten bei eintretender Temperaturänderung seine Gestalt ändert. Nehmen wir an, dass ein solcher Streifen bei einer gewissen Temperatur gerade sei, und dass die Temperatur sich ändert, so krümmt sich der Streifen in der Weise, dass das Metall mit grösserem Ausdehnungscoefficienten bei Temperaturerhöhung auf der convexen Seite liegt, während bei einer Temperaturerniedrigung dasselbe auf der concaven Seite seine Stelle hat. Ist der Streifen schon krumm und liegt das Metall mit grösserem Ausdehnungscoefficienten auf der convexen Seite, so nimmt bei Temperaturerhöhung die Krümmung zu und bei Temperaturerniedrigung ab. Wer diese Idee zu Thermometern zuerst benutzt hat, ist zweifelhaft. Ein Uhrmacher Jörgen in Kopenhagen wird angeführt, ebenso Holzmann in Wien, auch Ahrens in Hannover. Das feinste aller Metallthermometer ist das des Uhrmachers Breguet in Paris. Es besteht aus einem Metallstreifen von 1 bis 2 Millimeter Breite aus drei der Länge nach neben einander liegenden Metallen: Silber, Gold und Platin, so dass das Gold

gewissermassen als Löthung der anderen dient; der Streifen ist bis auf 1/50 Millimeter abgeplattet und in eine Schraubenlinie gewunden. Dieser Streifen oder gewundene Draht hängt fest an einem kleinen Träger, und das untere Ende läuft in eine horizontal liegende Spitze aus, die als Zeiger dient, der über einer nach einem sehr empfindlichen Quecksilberthermometer graduirten Eintheilung spielt. — Das Holzmann'sche Metallthermometer ist in einer Kapsel, wie die einer Taschenuhr, und besteht aus einem in einer Ebene gekrümmten Metallstreifen aus Kupfer und Stahl. Das eine Ende des Streifens ist am Gehäuse fest, das andere frei und liegt an dem einen Arme eines zweiarmigen Hebels, dessen anderer Arm einen gezahnten Kreisbogen trägt, welcher in ein mit einem Zeiger versehenes Getriebe eingreift. Auf das Getriebe wirkt eine kleine Feder, so dass der eine Arm des Hebels stets gegen das freie Ende des Streifens angedrückt wird. Aendert sich die Temperatur, so krümmt sich der Streifen noch mehr und drückt auf den Hebel, oder die Krümmung nimmt ab und die Feder bewegt den Hebel nach der entgegengesetzten Seite. Der Zeiger macht diese Bewegungen mit und spielt über einer Eintheilung, welche ebenfalls nach einem Quecksilberthermometer graduirt ist. — Beide Thermometer hat man auch mit Hilfszeigern versehen, welche das Maximum und Minimum der Temperatur innerhalb der Beobachtungsperiode angeben.

Metallurgie bezeichnet die Lehre von den zur Gewinnung der Metalle aus ihren Erzen einzuschlagenden Processen, gewöhnlich versteht man aber darunter nur die Darstellungsmethoden im Grossen, wie sie auf Hüttenwerken zur Ausführung kommen.

Metalyse nannte Döbereiner das, was Berzelius mit Katalyse (s. d. Art.) bezeichnete.

Metamerie ist eine besondere Art der Isomerie (s. d. Art.). Bei metameren Körpern enthalten die zusammengesetzten Atome dieselbe Zahl der elementaren Atome, aber diese werden in verschiedener Weise zu näheren Bestandtheilen der zusammengesetzten Atome vereinigt, so dass die empirische Formel der Zusammensetzung dieselbe ist, aber nicht die rationelle. Metamere Körper haben gleiches Atomgewicht. Hierdurch unterscheiden sie sich von den polymeren, die verschiedenes Atomgewicht haben, obgleich ihre procentische Zusammensetzung dieselbe ist. Sie enthalten nämlich dieselben elementaren Atome in demselben Verhältniss, aber in verschiedener absoluter Anzahl. Die eigentlich isomeren Körper haben bei gleicher procentischer Zusammensetzung gleiches Atomgewicht und gleiche empirische Formel, ohne dass die Verschiedenheiten ihrer Eigenschaften durch Aufstellung verschiedener rationeller Formeln erklärt werden könnten. Basisch-schwefelsaures Quecksilberoxyd und einfach-schwefelsaures Quecksilberoxydul sind z. B. metamer; Aldehyd und möglichst entwässerte Buttersäure

sind polymer; Phosphorsäure, Pyrophosphorsäure und Metaphosphorsäure sind isomer.

Metamorphose bedeutet Umwandlung oder Verwandlung.

Meteor oder Lufterscheinung ist eine Erscheinung, welche in der die Erdkugel einschliessenden Atmosphäre auftritt oder sich in derselben bildet.

Meteoreisen ist ein gewöhnlicher Bestandtheil der Meteorsteine (s. Art. Feuerkugel) und besteht hauptsächlich aus Eisen und Nickel.

Meteorognosie oder Meteoromantie ist die bodenlose Kunst, das Wetter auf längere Zeit vorherzusagen. Im Allgemeinen lässt sich eine Aenderung des Wetters nur auf einen oder zwei Tage vorhersagen. In neuester Zeit ist dies besonders wichtig geworden durch Fitz-Roy in Betreff herannahender Stürme. S. Art. Sturmsignal.

Meteorolith, s. Art. Feuerkugel.

Meteorologie ist die Wissenschaft, welche sich mit den Meteoren (s. d. Art.) beschäftigt. Ernst Erhard Schmid erklärt (Allgemeine Encyklop. der Physik von G. Karsten. Bd. 21. S. 2) als Aufgabe der Meteorologie die Beantwortung der Frage: Wodurch sind die physikalischen Momente der Erdoberfläche und der Atmosphäre bedingt und wie können sich dieselben trotz ihrer Abhängigkeit, zeitlich von den Perioden der scheinbaren Sonnenbewegung, räumlich von der geographischen Breite, dennoch in einer dem widersprechenden Weise ausbilden? — Gegenstände der Meteorologie sind: die Lehre von der Beschaffenheit der Atmosphäre als solcher oder die Atmosphärologie (s. Art. Atmosphäre); die einzelnen Meteore: Winde, Stürme, Nebel, Wolken, Thau, Regen, Schnee, Graupeln, Hagel, Regenbogen, Höfe, Luftspiegelung, die Erscheinungen beim Gewitter, Feuerkugeln, Polarlicht etc. (s. diese Art.); besonders die Temperaturverhältnisse (s. Art. Klima, Isothermen).

Meteoromantie, s. Art. Meteorognosie.

Meteorstaub, s. Art. Passatstaub.

Meteorstein, s. Art. Feuerkugel.

Meter, das, ist die Einheit des französischen Längenmasses. Durch Decret vom 19. Frimaire des Jahres VIII wurde festgesetzt, dass das Meter die Länge einer Metallstange haben solle, welche selbst bei 0° C. Temperatur auf der normal bestimmten Toise von Peru bei 16°,25 C. der letzteren 443,296 par. Linien misst. $^1/_{10}$ Meter heisst Decimeter, $^1/_{100}$ Meter Centimeter, $^1/_{1000}$ Meter Millimeter, 10 M. Dekameter, 100 Meter Hectometer, 1000 Meter Kilometer, 10000 Meter Myriameter. Die der Meterlänge zu Grunde liegende Idee ist, dass das Meter der zehnmillionste Theil des nördlichen Meridionalquadranten der Erde sein sollte. Vergl. wegen des Näheren Längenmass. — In der Sammlung von Urmassen und Gewichten in Berlin befindet sich ein Normalmeter aus Platin von Fortin und ein desgleichen

aus Messing von Lenoir. Nach Brix ist bei 0° C. jenes 0,^{mm} 0162 länger, dieses 0^{mm},0335 kürzer als das pariser Normalmeter des Conservatoriums und jenes 0^{mm},00301 länger, dieses 0^{mm},0579 kürzer als das Urmeter der par. Archive. Ein Meter aus Messing von Fortin bei der berliner Normal-Aichungs-Commission ist nach Brix 0^{mm},046 und nach Arago und Humboldt 0^{mm},040 kürzer als das der par. Archive. — Eine vergleichende Zusammenstellung verschiedener Fussmasse mit dem Meter s. in Art. Fuss.

Meterkilogramm, s. Art. Fusspfund.

Metrologie bezeichnet die Lehre von den Massen. Vergl. Mass. Z. B. Griechische und römische Metrologie von Hultsch. Berlin 1862.

Metronom oder Tactmesser ist ein musikalischer Zeitmesser. Es besteht das Instrument aus einem Pendel, welches aber nicht an dem Ende der Pendelstange aufgehängt ist, sondern seinen Drehpunkt auf der Stange hat, so dass noch ein Theil derselben oberhalb des Drehpunktes sich befindet. Während das untere Ende im Bogen herabfällt, wird das obere Ende gehoben und dadurch wird die Geschwindigkeit der Schwingung verringert und zwar um so mehr, je näher der Drehpunkt dem Mittelpunkte der Schwere des ganzen Pendels rückt (s. Art. Pendel). Um den Drehpunkt selbst nicht verschieben zu brauchen, bringt man an dem über dem Drehpunkte liegenden Theile ein verschiebbares Gewicht an. Je weiter oben dies Gewicht festgestellt ist, desto langsamer geht das Pendel. Mälzel hat das Pendel mit einem Räderwerke in Verbindung gebracht, welches wie eine Uhr aufgezogen wird und den Tact durch das Einschlagen eines Hakens (Echappement, s. Art. Hemmung) in die Zähne des einen Rades hörbar macht.

Miasmen nennt man der Gesundheit schädliche Substanzen, die sich in der Atmosphäre befinden und bisweilen bestimmte Krankheiten erzeugen; vergl. z. B. Malaria.

Mikroaräometer, das, ist nichts Anderes, als das Tausendgranfläschchen oder Pyknometer (s. d. Art.).

Mikrocalorimeter nannte G. G. Schmidt ein von ihm construirtes Differential-Thermometer. Das Instrument hat Aehnlichkeit mit einem Pulshammer; die bis etwa zum vierten Theile mit gefärbtem Alkohol gefüllten Kugeln liegen abwärts; das Innere ist sonst luftleer und also nur mit Alkoholdunst gefüllt; in der Mitte der etwa 3 Fuss langen Röhre befindet sich ein kurzes Säulchen von Weingeist. Bei ungleicher Temperatur der Kugeln wird das Weingeistsäulchen verschoben und die Empfindlichkeit soll bis zu $^1/_{3000}$ Grad Réaumur gehen.

Mikroelectrometer, s. Art. Electromikrometer und als Gegensatz Megaelectrometer.

Mikrogasometer nannte G. G. Schmidt einen von ihm construirten Apparat, um die Volumina und Gewichte kleiner Mengen von Gasen, die sich mit dem Wasser nicht mischen, ebenso genau zu be-

stimmen, wie das specifische Gewicht tropfbarer Flüssigkeiten. Die Volumina, welche der Untersuchung unterworfen werden, sind zu klein, als dass man auf genaue Resultate rechnen könnte. und daher ist der Apparat nicht zur Geltung gekommen.

Mikrogea oder Terrelle nannte man früher einen kugelförmig geschliffenen Magnetstein. Durch diese Nachbildung der Erdgestalt hoffte man, aber mit Unrecht, das Geheimniss des Erdmagnetismus besser erforschen zu können.

Mikrokosmus und Makrokosmus stammen aus der Zeit der Astrologie her. Man ging davon aus, dass derselbe in sich einige und übereinstimmende Wille, welcher den Gestirnen ihre Bahnen von Ewigkeit angewiesen hat, auch die Schicksale der Menschen vorausbestimmt habe, und dass die ganze Schöpfung nur um der Menschen willen vorhanden sei. Hieraus bildete sich die Ansicht von einer Uebereinstimmung, einem Parallelismus des grossen Weltganzen in seiner Organisation oder des Makrokosmus mit dem Menschendasein oder dem Mikrokosmus, wie es in seiner Individualität durch jenes grosse Ganze bestimmt und prädestinirt wird in dem Augenblicke, wo es in jenes eintritt.

Mikrometer heisst jedes zum Messen sehr kleiner Grössen bestimmte Instrument. Man bedient sich desselben namentlich bei Fernröhren und Mikroskopen, und zwar bei den ersteren zur Messung des scheinbaren Durchmessers der Planeten, der Elongation der Satelliten, der Distanzen der Doppelsterne, bei den letzteren zur Messung der wahren Grösse der beobachteten Objecte. — Das Princip des Mikrometers für Fernröhre beruht auf Folgendem. In dem Brennpunkte jedes Fernrohres (s. d. Art.) wird ein kleines Bild des Gegenstandes, welcher beobachtet wird, erzeugt; bringt man nun an der Stelle dieses Bildes irgend einen materiellen Gegenstand an, welcher mit dem Bilde in derselben Ebene liegt und mit demselben gleichzeitig deutlich zu sehen ist, z. B. eine schwarze Scheibe mit einem ausgeschnittenen kleinen Kreise, oder ausgespannte dünne Fäden, welche das Gesichtsfeld in kleine Felder theilen, so wird man in der bekannten Grösse des von dem Bilde gedeckten Theiles ein Mass für das Bild erhalten. Es kommt nun darauf an, solche Messungen mit aller nur erreichbaren Schärfe zu vollziehen, und daher sind noch besondere Einrichtungen zu treffen. — Man unterscheidet nun Fadenmikrometer, Flächenmikrometer und dioptrische Mikrometer.

1. Fadenmikrometer bestehen aus einem Fadenkreuze (s. d. Art.) mit unter einander parallelen und unter einander gleichen Abstand haltenden Fäden, die ausserdem noch von einem Faden rechtwinkelig geschnitten werden, der durch die Mitte des Gesichtsfeldes geht, oder mit gegen einander geneigten Fäden. Im letzteren Falle verwendet man entweder zwei Fäden, welche unter einem be-

stimmten Winkel gegen einander geneigt sind, oder drei Fäden, die mit einander verschiedene willkürliche Winkel bilden, oder drei Fäden, bei denen der erste und zweite und ebenso der zweite und dritte gleiche Winkel mit einander bilden. Zu den letzteren gehört das Rautenmikrometer, bei welchem ein Quadrat durch einen Faden in zwei gleiche Rechtecke getheilt ist, in welchen die Diagonalen von Fäden gebildet werden, ebenso das Quadratmikrometer, bei welchem in einem Quadrate die Halbirungspunkte der Seiten durch Fäden zu einem Quadrate und ausserdem zwei gegenüberliegende Halbirungspunkte durch einen Faden verbunden sind. Jenes ist zuerst von Bradley, dies von Burkhardt construirt worden. Ausserdem hat man noch Fadenmikrometer mit beweglichen Fäden. Das Schraubenmikrometer besteht aus zwei horizontalen Fäden, von denen der eine fest, der andere beweglich ist; das Positionsmikrometer aus drei Fäden, von denen zwei wie bei dem Schraubenmikrometer eingerichtet sind, der dritte aber, welcher fest steht, dieselben in der Mitte des Gesichtsfeldes rechtwinkelig schneidet. Die Verschiebung des beweglichen Fadens wird durch einen Schlitten mittelst einer Schraube vollzogen. — Die Fäden machte man anfangs aus Silber (z. B. Malvasia), dann aus Coconfäden (Auzout und Picard), aus Glasfäden (La Hire, Brewster), aus Coconfäden der Spinnen, neuerdings aus Gold oder Platin, deren Anfertigung Wollaston beschrieben hat. Wollaston befestigt einen Platindraht in der Axe einer hohlen, cylindrischen Form und füllt diese dann mit geschmolzenem Silber aus. Der erhaltene Silbercylinder, welcher den Platindraht einschliesst, wird auf einem Drahtzuge möglichst ausgezogen und darauf das den mit ausgezogenen Platindraht umgebende Silber durch siedende Salpetersäure aufgelöst. Es bleibt dann ein überaus dünner Platindraht zurück.

2. Flächenmikrometer. Grimaldi und Riccioli bedienten sich papierner Kreise von bekanntem Durchmesser, Huyghens eines dreieckigen Metallstreifens, wofür man später eine dreieckige Spalte setzte. Das einfachste und genaueste Flächenmikrometer ist das Kreismikrometer. Es besteht dies aus einem einfachen Kreise in dem Brennpunkte des Fernrohres und man beobachtet den Eintritt und Austritt der Sterne aus der Peripherie desselben. Man kann sich hierzu schon der dem Auge nächsten inneren Blendung (Diaphragma, s. d. Art.) bedienen, wenn sie genau kreisförmig ist. Bequemer ist ein feiner metallener Ring in der Ebene jener Blendung. Um alle Verbiegungen der Ringe unmöglich zu machen, werden nach Fraunhofer Stahlringe in runde Oeffnungen eines Planspiegelglases durch Einreiben befestigt und hierauf die zu beiden Seiten der fixirten Ringe hervorstehenden scharfen Ränder vollkommen kreisförmig abgedreht. Noch vorzüglicher sind die von Fraunhofer zuerst ausgeführten Kreismikrometer,

welche aus Spiegelglas bestehen, auf welchem concentrische Ringe eingerissen oder eingeätzt sind.

3. Dioptrische Mikrometer beruhen auf Refractionsverhältnissen des Lichtes. Es gehören hierher das Objectivmikrometer, das Bergkrystallmikrometer, das Ocularmikrometer. — Bei dem Objectivmikrometer besteht das Wesentliche darin, dass durch das Objectiv des Fernrohres selbst zwei Bilder von demselben Objecte erzeugt werden. Bouguer brachte zuerst zwei Objective von gleicher Brennweite neben einander an dem einen Ende eines einzigen Rohres an, an dessen anderem Ende für beide ein einziges Ocular stand. Er nannte dies Instrument Heliometer. Dollond schlug zuerst vor, das Objectivglas des Fernrohres selbst in der Richtung des Durchmessers des Glases in zwei Stücke zu zerschneiden. Liegen beide Stücke neben einander, so dass sie nur eine einzige Linse bilden, so entsteht nur ein Bild im Brennpunkte; trennt man die Stücke, indem man das eine an dem andern verschiebt, so werden zwei Bilder entstehen, indem jedes Stück wie eine ganze Linse wirkt. Hierbei kommt es nun darauf an, die Grösse der Verschiebung genau zu messen, welche z. B. bei der Bestimmung des scheinbaren Durchmessers eines Himmelskörpers nöthig ist, um beide Bilder genau zur Berührung zu bringen, weil man dadurch den Werth des Winkels erhält, unter welchem der Durchmesser erscheint. In manchen Fällen ist es vortheilhaft, wenn die verschiebbare Hälfte auch eine Drehung um sich selbst machen kann, z. B. wenn man prüfen will, ob der Durchmesser eines Himmelskörpers in allen Richtungen dieselbe Grösse hat, in welchem Falle man erst beide Bilder zur Berührung bringt und dann — bei parallatischer Aufstellung des Fernrohres — das eine Bild um das andere gehen lässt. Die vollkommensten Heliometer hat Fraunhofer angefertigt. Bessel bediente sich desselben bei seinen Untersuchungen über die Doppelsterne. In neuerer Zeit wird das Heliometer namentlich zur Beobachtung der Phasen bei Mond- und Sonnenfinsternissen angewendet. — Das Bergkrystallmikrometer beruht auf der doppelten Brechung des Bergkrystalls (s. Art. Brechung A. II.) und Rochon scheint der Erste gewesen zu sein, welcher dies Princip zur Anwendung gebracht hat, wiewohl Maskeline und Boscowich Prioritätsansprüche erhoben haben. Rochon machte 1768 den ersten Vorschlag; 1778 kam derselbe aber erst zur Ausführung in zwei achromatischen Prismen aus Bergkrystall, welche vor dem Fernrohre befestigt wurden und vier Bilder erzeugten. Später setzte man das Mikrometer in das Fernrohr nahe an das Ocular und erzeugte nur zwei Bilder. Es besteht das Rochon'sche Prisma aus zwei gleichen Prismen aus Bergkrystall, welche so aneinander gefügt sind, dass die brechenden Winkel entgegengesetzte Lage haben. Das eine Prisma, welches nach dem Objective zu liegt, ist so geschnitten, dass die auf der Fernrohraxe senkrecht stehende Fläche auf der Brechungsaxe des

Krystalls senkrecht steht, während bei dem anderen die auf der Fernrohraxe senkrechte Fläche der Brechungsaxe parallel läuft. Dieses Doppelprisma lenkt die senkrecht auffallenden Strahlen nicht von ihrem Wege ab, auch erleidet ein solcher Strahl in dem ersten Prisma keine Spaltung, wohl aber wird er beim Eintritt in das zweite Prisma an der gemeinschaftlichen Oberfläche in zwei Bündel gespalten. Es entstehen also zwei Bilder. Ob sich diese Bilder zum Theil decken oder nicht, hängt theils ab von ihrer Grösse, theils von dem Abstande des Prisma von dem durch das Objectiv erzeugten Bilde. Pearson brachte das Prisma zwischen dem Ocular und dem Auge des Beobachters an und erhielt ebenfalls zwei Bilder. In diesem Falle ist der constante Winkel eines Prisma von doppelter Brechung, dividirt durch die Vergrösserung eines Fernrohres, das wahre Mass des beobachteten Winkels, wie er durch dasselbe Prisma, in Berührung mit dem Auge, in dem Fernrohre gesehen wird. — Das Ocularmikrometer ist von Arago angegeben und zwar in doppelter Ausführung mit veränderlicher und mit constanter Vergrösserung. Das Ocularmikrometer mit veränderlicher Vergrösserung ist das Bergkrystallmikrometer mit Pearson's Abänderung. Das Ocular besteht aus zwei Linsen, von denen die dem Auge nähere verschiebbar ist. Das Ocularmikrometer mit constanter Vergrösserung besteht aus einer Anzahl Schiebern, von denen jeder 7 Prismen enthält, ein wenig breiter als die Pupille, und sich der Reihe nach um 15 oder 30 Secunden im Winkel unterscheidend. Es wird ermittelt, durch welches Prisma die beiden Bilder in Berührung erscheinen. Es kann nur bis zu einer Bogenminute gemessen werden.

Ausser diesen Mikrometern hat Babbage ein Zenithmikrometer angegeben, bei welchem das Fernrohr mit einem Parallelogramme in Verbindung steht, dessen vier Seiten in ihren Ecken genau mit einander verbunden sind, von denen aber die eine horizontale Seite etwas verlängert oder verkürzt werden kann. — Powell hat ein Mikrometer mit doppeltem Bilde aus einem halbkreisförmigen planparallelen Glase angegeben. — Herschel bediente sich bei seinen Beobachtungen der Doppelsterne eines Lampenmikrometers, indem er durch zwei kleine Laternen sich zwei kleine Lichtpunkte verschaffte, die er einander nähern oder von einander entfernen konnte. Mit dem einen Auge blickte er in sein Spiegelteleskop, mit dem anderen auf die ausserhalb stehenden Lichtpunkte. — Cavallo hat ein Perlmuttermikrometer angegeben. Brewster hat mehrere Mikrometer in Vorschlag gebracht, und auch sonst fehlt es nicht an dergleichen, die jedoch entweder nicht zur Ausführung gekommen sind, oder sich nicht praktisch erwiesen haben. Wegen des Glasmikrometers s. Art. Mikroskop und Nobert's Scala.

Mikrometerschraube ist eine Schraube mit sehr kleiner Weite

der Schraubengänge und gewöhnlich mit einem verhältnissmässig grossen kreisförmigen Kopfe. Es beträgt z. B. die Anzahl der Schraubengänge auf 1 Zoll Länge der Spindel 80 bis 100. Man braucht diese Schrauben theils zur Hervorbringung kleiner Bewegungen, theils zu Messungen. Die Mikrometer (s. d. Art.) werden durch solche Schrauben bewegt, ebenso die Messapparate bei den Mikroskopen etc. Ist der Umkreis des Kopfes eingetheilt und daneben noch ein Nonius angebracht, so lassen sich noch sehr kleine Theile der Weite eines Schraubenganges messen.

Mikrophon heisst ein von *Wheatstone* vorgeschlagenes Stethoskop (s. d. Art.) zur Wahrnehmung sehr schwacher Töne. Ein Becken von Messing, welches passend für das Ohr eingerichtet ist und gegen die harten Theile des Kopfes gestemmt werden kann, ist in seiner Mitte mit einem langen Metallstabe verbunden, der die Schallwellen zu dem Messingbecken und Ohre leitet.

Mikroskop ist ein Instrument, welches dazu dient, *nahe kleine* Gegenstände vergrössert zu erblicken und zu beobachten. Es ist ein Sehrohr für die Nähe, während das Teleskop (s. Art. *Fernrohr*) ein solches für die Ferne ist. Im Allgemeinen erscheint zwar ein Gegenstand um so grösser, je grösser der Sehwinkel (s. d. Art.) ist, unter welchem derselbe erblickt wird, und da dieser Winkel mit der Annäherung des Gegenstandes an das Auge wächst, so scheint es, als ob man durch die blosse Annäherung die erwünschte Vergrösserung bewirken könne; indessen die Entfernung des deutlichen Sehens setzt diesem Verfahren eine Grenze (s. Art. *Sehen*), indem der Gegenstand, sobald er dem Auge näher kommt, als diese Grenze vorschreibt, an Deutlichkeit verliert, weil die von jedem einzelnen Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen alsdann zu stark divergiren. Durch eine Convexlinse (s. Art. *Linsenglas*) wird die Divergenz der Strahlen vermindert; es kann also durch eine zwischen dem Auge und dem diesem zu sehr genäherten Gegenstande eingeschobene derartige Linse im Allgemeinen dem bezeichneten Uebelstande abgeholfen werden. Da in diesem Falle die Strahlen von einem weiter abstehenden Gegenstande zu kommen scheinen, ohne dass dadurch der Sehwinkel verringert worden wäre, so erscheint der Gegenstand vergrössert. Bedingung ist hierbei nur, dass der Gegenstand sich innerhalb der Brennweite der Convexlinse befindet. Diese Wirkungsweise findet bei dem sogenannten *einfachen* Mikroskope statt. Man unterscheidet nämlich *einfache* und *zusammengesetzte Mikroskope*. Jene bestehen aus nur *einer* Linse oder aus mehreren unmittelbar hinter einander stehenden und der Gegenstand befindet sich *innerhalb* der Brennweite derselben; diese bestehen im Allgemeinen aus zwei Convexlinsen, die von einander weiter abstehen, und der zu beobachtende Gegenstand befindet sich *ausserhalb* der Brennweite der sogenannten Objectivlinse.

1. Einfaches Mikroskop. Im Allgemeinen kann jede Convexlinse als einfaches Mikroskop benutzt werden, doch versteht man darunter vorzugsweise nur diejenigen, deren Brennweite viel kleiner als die Entfernung des deutlichen Sehens ist. Beträgt die Brennweite ½ bis 2 Zoll, so heisst die Convexlinse Loupe; beträgt dieselbe noch weniger, so hat man eine eigentliche mikroskopische Linse. Für beide Linsenarten gelten dieselben Gesetze. Wir verweisen daher auf Art. Loupe. In Betreff der einfachen Mikroskope sei an dieser Stelle nur noch erwähnt, dass dieselben in der Regel mit einer Metallfassung versehen sind, die zugleich eine Zange, einen in eine feine Spitze auslaufenden Stift und dergleichen anzubringen gestattet. Scharfe Linsen bekommen an der Rückseite der Fassung einen Lieberkühn'schen Spiegel, d. h. einen kleinen metallenen Hohlspiegel, der das von ihm reflectirte Licht auf das zu beobachtende Object wirft und somit demselben eine grössere Helligkeit ertheilt. Bisweilen setzt man die mikroskopische Linse mit ihrer Fassung in ein eigenes Postament, welches mittelst einer besonderen Vorrichtung dem Objecte die nöthige Entfernung von der Linse zu geben gestattet und gewöhnlich auch einen Beleuchtungsspiegel trägt. Dahin gehört Schacht's Präparirmikroskop.

2. Zusammengesetztes Mikroskop. Diese Instrumente beruhen darauf, dass das durch eine mikroskopische Linse erzeugte Bild nicht ohne Weiteres durch das Auge aufgefangen, sondern durch eine zweite Linse betrachtet wird. Bei dem einfachen Mikroskope ist das Bild, welches die Linse erzeugt, ein mathematisches (s. Art. Linsenglas und Bild), indem das Object innerhalb der Brennweite steht; bei dem zusammengesetzten hingegen erzeugt die Objectivlinse ein physisches Bild, indem das Object ausserhalb der Brennweite derselben sich befindet, und dies physische Bild wird nochmals durch eine convexe Linse, wie durch ein einfaches Mikroskop oder eine Loupe betrachtet. Dass jede der hierbei angewendeten Linsen durch ein System combinirter Linsen vertreten werden kann, versteht sich (vergl. Art. Loupe) von selbst. — Die zusammengesetzten Mikroskope kann man in solche eintheilen, welche nur dem in sie hineinschauenden Beobachter das vergrösserte Bild zeigen, und in solche, welche dasselbe zur objectiven Darstellung auf einem Schirme bringen, zu welcher letzteren Art das Sonnenmikroskop und das Hydrooxygengasmikroskop (s. Art. Sonnenmikroskop) gehören, oder auch in dioptrische, bei denen nur Linsen zur Verwendung kommen, und in katoptrische, bei denen die Objectivlinse durch einen Hohlspiegel ersetzt ist. Mit Ausschluss der objectiven Mikroskope, welche in dem angezeigten Artikel ihre Erledigung finden, soll hier die letztere Eintheilung massgebend sein.

a) Das dioptrische Mikroskop besteht aus einer mikroskopischen Linse, vor welcher ausserhalb der Brennweite, aber nahe an der

Brennpunkte, das zu betrachtende Object steht. Hierdurch wird von dem Objecte ein vergrössertes physisches Bild auf der anderen Seite der Linse erzeugt, und dies Bild wird durch eine Loupe betrachtet. Da, wenn die Vergrösserung bedeutend ausfallen soll, das Object sehr nahe an dem Brennpunkte seine Stelle erhalten muss, wodurch das erzeugte Bild in grosse Entfernung von der Linse gerückt wird, so hat man, um den Apparat zu verkürzen, die durch die Linse gegangenen Strahlen, ehe sie sich zu dem Bilde vereinigen, durch eine eingeschobene Sammel- oder Collectivlinse unterbrochen. Der Abstand der Loupe von der Objectivlinse ist hierdurch verkleinert, und doch erreicht man dieselbe Vergrösserung zugleich mit einem vergrösserten Gesichtsfelde. — Nehmen wir an, dass die Brennweite der Objectivlinse $= f_1$, die der Loupe $= f_2$ sei, dass das Object in einem Abstande $= e$ von dem Brennpunkte der Objectivlinse ausserhalb der Brennweite derselben stehe, und dass d die Entfernung des deutlichen Sehens ausdrückt, so berechnet sich theoretisch die Vergrösserung eines solchen Instrumentes (vergl. Art. Linsenglas und Loupe) $= \frac{f_1}{e} \cdot \left(\frac{d}{f_2} + 1\right)$ oder $= \frac{f_1}{e} \cdot \frac{d}{f_2}$, wenn 1 vernachlässigt wird.

b) Das katoptrische Mikroskop. Die Erscheinungen, welche Hohlspiegel zeigen, stimmen mit denen überein, welche man bei Convexgläsern beobachtet, nur dass das Bild bei beiden auf entgegengesetzten Seiten liegt, also bei jenen hinter dem Spiegel, wenn es bei diesen vor dem Glase sich befindet, und umgekehrt. Man kann deshalb bei einem Mikroskope die Objectivlinse ebenso durch einen Hohlspiegel ersetzen, wie es bei dem Spiegelteleskope (s. Art. Fernrohr) geschieht. Mikroskope, bei welchen dies geschehen ist, nennt man katoptrische Mikroskope oder Spiegelmikroskope. — Amici hat die ausgezeichnetsten derartigen Instrumente geliefert. Im Hintergrunde eines inwendig geschwärzten horizontalen Rohres befindet sich ein elliptisch gekrümmter Hohlspiegel, dessen einer Brennpunkt in der Axe des Rohres etwas vor der Rohröffnung liegt, während der andere in geringem Abstande ebenfalls vor der Rohröffnung seitwärts seine Stelle haben würde. Geht von dem einen Brennpunkte Licht aus, so wird dies von dem Spiegel nach dem andern reflectirt. Zwischen dem letzteren Brennpunkte und dem Mittelpunkte des elliptischen Spiegels steht ein sehr kleiner ebener Spiegel unter 45° gegen die Rohraxe geneigt und mit der spiegelnden Fläche nach unten gerichtet. Auf der Unterfläche ist dem kleinen Spiegel gegenüber eine Oeffnung im Rohre und unter dieser befindet sich ein beweglicher Objectenträger, unter welchem ein Beleuchtungsspiegel angebracht ist. Das Object sendet die Strahlen durch die Oeffnung auf den kleinen Spiegel, der sie auf den Hohlspiegel reflectirt, von welchem sie nach dem in der Axe des Rohres liegenden Brennpunkte zurückgeworfen werden, um daselbst ein verkehrtes und ver-

grössertes Bild zu erzeugen, welches wie bei anderen zusammengesetzten Mikroskopen durch eine Ocularlinse beobachtet wird. Ein Hauptvorzug dieses Instrumentes besteht in dem Mangel der Farbenzerstreuung, so dass man sehr scharfe Bilder erhält, jedoch ist die Lichtstärke schwach.

Bei jedem Mikroskope ist auf die Gläser, respective den Spiegel, auf das Gestell, auf den Tisch und den Beleuchtungsapparat zu achten. Die Gläser müssen scharfe und klare Bilder geben. Namentlich muss das Objectivglas mit grosser Sorgfalt gearbeitet sein. Bei den neueren Mikroskopen werden aplanatische (s. d. Art.) Linsen, die aus zwei oder drei sich fast berührenden hinter einander geschraubten Objectivlinsen bestehen, verwendet. — Das Gestell oder Stativ muss dem Instrumente die nöthige Festigkeit gewähren und ihm doch auch die nöthige Bewegung gestatten. — Der Tisch muss ein Glasmikrometer, ferner einen Aufsatz mit einem Planglase aufnehmen können, auf welchem man kleine Tropfen von Flüssigkeiten anbringt, die man durch das Mikroskop betrachten will, dann einen grösseren aus zwei Hohlgläsern bestehenden, zwischen welchen man kleine lebende Thiere einsperrt und in das Gesichtsfeld des Instrumentes bringt; ferner muss er mit einer Klemme versehen sein, in welche die Objectträger geschoben und daselbst fest gehalten werden können; endlich muss sich noch ein Züngelchen anstecken lassen, in welches man kleine Objecte einzwängt. — Als Beleuchtungsapparat wendet man für durchsichtige Objecte einen Plan- oder Hohlspiegel an, der sich unter dem Tische befindet, für undurchsichtige hingegen eine Sammellinse. Wesentlich sind hierbei noch die Blendungen, d. h. Oeffnungen in geschwärzten Scheiben oder Röhren, durch welche man die Lichtintensität reguliren kann. Wichtig ist es, das Licht schief auffallen lassen zu können, indem dadurch Sachen sichtbar werden, die man sonst gar nicht zu erkennen vermag. Oberhäuser hat dies durch eine Drehung des Tisches um sich selbst ermöglicht; Nachez hat zu gleichem Zwecke ein *Prisme oblique* construirt und Nobert eine Sammellinse, welche an der unteren Seite plan, an der oberen hingegen am Rande convex und in der Mitte concav geschliffen ist.

Beim Gebrauche eines Mikroskops hat man die Absicht, entweder von einem kleinen Objecte nur ein vergrössertes, deutliches und klares Bild zu erhalten, oder zugleich auch die, die Grösse des Gegenstandes zu bestimmen. Die beste Anleitung über den Gebrauch des Mikroskops, insbesondere für Pflanzen-Anatomie hat Schacht in seinem Werke: „Das Mikroskop" gegeben. Ausserdem verweisen wir noch auf die „Mikrographie von H. von Mohl" und Harting's Theorie Gebrauch und Geschichte des Mikroskops, aus dem Holländischen übersetzt von Theile. In Bezug auf das Ausmessen der Grösse eines Gegenstandes unter dem Mikroskope sei hier nur bemerkt, dass man sie

dazu entweder eines Schraubenmikrometers (s. Art. Mikrometer) oder eines Glasmikrometers bedient. Als Glasmikrometer empfiehlt sich Nobert's Scala (s. d. Art.). Man legt diese Scala auf den Objectivtisch mit der Fläche, auf welcher die Scala verzeichnet ist, nach dem Objective hingewendet, legt das zu messende Object darauf und sieht zu, wie viele Felder, Bruchtheile eines Feldes mitgerechnet, von demselben bedeckt werden. Bei mässigen Vergrösserungen reicht dies Verfahren aus. Harting schlägt vor, Gegenstände von noch messbaren Dimensionen verkleinert unter das Mikroskop zu bringen und zur Vergleichung zu benutzen.

Bei der Prüfung eines Mikroskops hat man auf die Reinheit und Grösse des Gesichtsfeldes, auf die Klarheit und Deutlichkeit der Bilder, auf die Stärke der vergrössernden Kraft zu sehen. Die Nobert'sche Scala leistet hierbei vorzügliche Dienste, ebenso empfehlen sich Schuppen von Schmetterlingen oder die von der Kleidermotte als Probeobjecte. Hierbei ist noch vor dem Irrthume zu warnen, als ob man mit starken Vergrösserungen in allen Fällen mehr sehen könne, als mit schwächeren. Mit zunehmender Vergrösserung nimmt die Helligkeit nämlich ab.

In Bezug auf das Geschichtliche des Mikroskops, wenn man absieht von dem gewiss schon im Alterthume gemachten Gebrauche der Glaskugeln als Vergrösserungsmittel, ist zu bemerken, dass nach den sorgfältigsten Untersuchungen Johannes Zacharides und dessen Vater Zacharias Johannides (Zacharias Janssen) zu Middelburg in Holland das erste zusammengesetzte Mikroskop construirt haben. Sie haben in den ersten Jahren des 17. Jahrhunderts dem österreichischen Erzherzoge Albert ein solches Instrument als Geschenk überreicht. Ebenso soll Galilei 1612 ein Mikroskop an den König Sigismund von Polen gesendet haben.

In neuerer Zeit hat man auch sogenannte pankratische Mikroskope construirt. Das Wesentliche derselben besteht darin, dass das Ocular dem Objective nach Belieben genähert oder von demselben entfernt werden kann. Hierdurch erreicht man ohne Wechsel der Linsen verschiedene Vergrösserungen. Hierher gehört auch das sogenannte Dissectionsmikroskop, welches ein Ocular enthält, welches das sonst umgekehrte Bild nochmals umkehrt und also das Object in seiner eigenthümlichen Lage zeigt. Das Ocular ist eigentlich ein schwach vergrösserndes zusammengesetztes Mikroskop und das Verhältniss ganz entsprechend dem Oculare des terrestrischen Fernrohres (s. Art. Fernrohr. I.). — Befestigt man unter dem Objectenträger ein Nicol'sches Prisma (s. d. Art.), damit blos polarisirtes Licht auf die Objecte fällt, und bringt ein zweites Nicol'sches Prisma dicht über dem Oculare an, so erhält man ein Polarisationsmikroskop. — Wegen der Aufnahme von Photographien von den Bildern des Mikroskops vergl. Art. Photographie. C.

Milchmesser | oder Galaktometer, s. Art. Aräometer
Milchwaage | B. 7. S. 41.

Milchstrasse, bei den Chinesen und Arabern Himmelsfluss, bei den Wilden Nordamerikas Weg der Seelen, bei den Bauern in Frankreich — nach dem Vorgange spanischer Mönche — Weg des heiligen Jacob von Compostella genannt, heisst der lichte Streifen, welcher fast in der Richtung eines grössten Kreises über das Himmelsgewölbe hingeht. A. v. Humboldt giebt im Kosmos Bd. III. S. 185—187 eine Uebersicht des Verlaufes. Die Milchstrasse hat ihre lichte Farbe von der Menge der in ihr stehenden Fixsterne, die wir wegen ihrer gewaltigen Entfernung von uns nicht als einzelnstehende Punkte unterscheiden können. Herschel ist es wahrscheinlich, dass die ganze grosse Anhäufung von Sternen eine linsenförmige Gestalt bildet, nahe in deren Mittelpunkte unser Sonnensystem sich befindet: denn wären die Sterne in einer Kugel gleichmässig vertheilt, in deren Mittelpunkte wir ständen, so müssten sie gleichmässig vertheilt erscheinen, und hätte unsere Sonne eine excentrische Stellung in solchem Falle, so würden die Sterne nach einer Seite hin dichter, nach der anderen weiter auseinander erscheinen. Blicken wir aber gegen die scharfe Kante der von Herschel angenommenen Linse, so erscheinen uns unzählige Sterne hinter einander, daher dicht zusammengedrängt, während nach der Mitte der beiden grossen Seitenflächen dieser Linse, also nach beiden Polen der Milchstrasse zu, nur wenige weit auseinanderstehende Sterne sichtbar sind. Wahrscheinlich bildet also die Milchstrasse mit ihren unzählbaren Sternen einen Theil des ganzen Sternensystems, deren verschwindend kleiner Theil unser Sonnensystem ist. Einem Beobachter ausserhalb dieses Sternensystems würde in weiter Entfernung dieses als ein Nebelfleck erscheinen, und so können wir muthmassen, dass die Nebelflecke, welche wir am Himmel wahrnehmen, wiederum Milchstrassen oder andere, dem unsern ähnliche, Sternensysteme sind. Wie A. v. Humboldt sagt, kann sich hier die geistige Anschauung nur ahnungsvoll erheben.

Millier heisst in Frankreich die bei Schiffslasten gebräuchliche Tonne. Es ist ein Gewicht von 1000 Kilogrammen.

Milligramm heisst der tausendste Theil eines Grammes.

Millilitrimeter heisst eine von Decroiziles angegebene Art Alkoholometer.

Millimeter heisst der tausendste Theil eines Meter.

Mineral wird bald in engerer, bald in weiterer Bedeutung gebraucht. Man versteht unter Mineralien diejenigen unorganischen Körper, welche die feste Rinde der Erde zusammensetzen, bei deren Bildung jedoch Lebenskräfte auf keine Weise einwirkten. Hiernach sind Luft und Wasser ausgeschlossen, da sie nur von oben eingedrungen sind und keinen Theil der festen Erdrinde ausmachen; dasselbe gilt

von der Steinkohle, dem Bernsteine etc., da sie aus vorweltlichen organischen Körpern entstanden sind. Von anderer Seite erklärt man jeden homogenen, starren oder tropfbarflüssigen unorganischen Körper, der ein unmittelbares Naturproduct ist, für ein Mineral. Hiernach wären die aus organischen Körpern entstandenen Bestandtheile der Erdrinde wiederum nicht hierher zu rechnen. Von manchen Seiten hat man jeden unorganischen Körper in das Mineralreich aufnehmen zu müssen geglaubt, während man von noch anderen Seiten nur die unorganischen Körper, welche die feste Erdrinde zusammensetzen, dahin rechnet, ohne dabei in Betreff ihrer Bildung einen Unterschied zu machen. Im letzteren Sinne würde Mineral mit Fossil gleichbedeutend sein, und da man hierunter alle Dinge versteht, welche aus der Erde gegraben werden und zu der Masse derselben gehören, so würde dann der Begriff Mineral auch die Versteinerungen oder Petrefacten umfassen.

Mineralogie ist im weiteren Sinne die Wissenschaft von den Mineralien. Sie zerfällt in die Oryktognosie und in die Geognosie. Die erstere, die man wohl auch Mineralogie im eigentlichen Sinne nennt, betrachtet die einfachen, sichtlich nicht gemengten Mineralien, lehrt dieselben unterscheiden und klassificiren; die letztere betrachtet die Mineralien in ihrem gegenseitigen Verhalten, lehrt die gemengten Mineralien (Felsarten) kennen und giebt Aufschluss über den derzeitigen Bau der Erdrinde. An die Geognosie schliesst sich dann die Geologie an, welche die Entstehung der Erde und die Umwandlungen, welche sie erlitten hat, kennen lehrt. Als Zweige der Mineralogie gelten: die angewandte Mineralogie oder Lithurgik, d. h. die Lehre von der Anwendung der Mineralien im gewöhnlichen Leben; die chemische Mineralogie, d. h. die Lehre von den Bestandtheilen der Mineralien; die topographische Mineralogie, d. h. die Lehre über das Vorkommen der Mineralien an den einzelnen Orten; die Petrefacten- oder Versteinerungskunde, d. h. die Lehre von den in Stein umgewandelten vorweltlichen organischen Körpern.

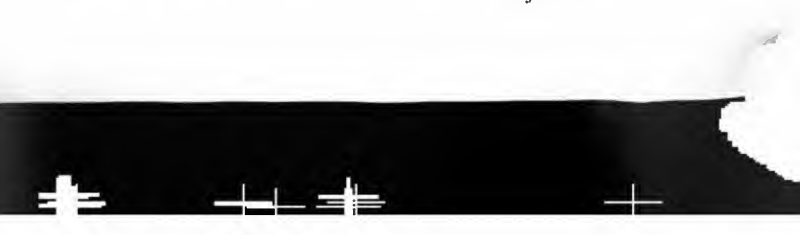
Mineralwasser sind Quellwasser mit in grösserer Menge aufgelösten Substanzen. Nach den vorherrschenden Substanzen erhalten sie verschiedene Namen. S. Art. Quelle. D.

Minimum, s. die näher bezeichnenden Artikel, z. B. Thermometer.

Minutenglas heisst eine Sanduhr, welche nur eine Minute lang läuft. Das zum Loggen gebräuchliche Log-Glas läuft gewöhnlich nur eine halbe Minute.

Mire ist ein feststehendes Zeichen zur Erkennung einer bestimmten Richtung. Vergl. z. B. Art. Meridianzeichen und Magnetometer. S. 88.

Mischfarbe
Mischungsfarbe } nennt man eine durch Zusammensetzung verschiedener Farben entstandene Farbe, z. B. Grün



aus Gelb und Blau. Vergleiche wegen des Näheren Artikel Farbe. S. 308.

Mischung, chemische, nennt man die Verbindung eines Körpers mit einem anderen zu einem gleichartigen Ganzen und ist von einem blos mechanischen Gemenge wohl zu unterscheiden.

Mischungsgewichte oder Aequivalente geben die Gewichtsverhältnisse an, in welchen chemische Mischungen eintreten. Vergl. Art. Aequivalent, chemisches.

Mischungsmethode nennt man die eine der zur Ermittelung der specifischen Wärme eines Körpers gebräuchlichen Methoden. Vergl. Art. Wärme, specifische.

Missweisung der Magnetnadel bezeichnet die Abweichung der Magnetnadel von dem astronomischen Meridian. Vergl. Art. Declination der Magnetnadel.

Mistral } Magistral, Meistre, Cers (Circius der Alten)
Mistraou } heisst in der Provence der Nordwest- und der Westnordwest-Wind, der nach Saussure und Fournet ein durch die Bodenerwärmung der provençalischen Niederung und die höhere Temperatur des Mittelmeeres erzeugter Thal- und Küstenwind sein soll. Im südlichen Frankreich bis zur Mündung der Gironde, bis Rodez und Dijon ist indessen eine nordwestliche Windrichtung vorherrschend, im Gegensatze zu der sonst in Europa vorwaltenden südwestlichen. Vergl. auch Art. Bora.

Mithall nennt man eine Verstärkung des Schalles, welche dann eintritt, wenn Schallwellen von einem Hindernisse reflectirt werden, dessen Entfernung so unbedeutend ist, dass der reflectirte Schall mit dem ursprünglichen zusammenfällt. Vergl. wegen des Verhältnisses des Mithalls zum Nachhalle und Echo Art. Echo.

Mitklingen der Töne. Wenn ein vollklingender Ton lange angehalten wird, so hört ein geübtes aufmerksames Ohr eine Reihe anderer Töne mitklingen. Diese Töne sind die sogenannten harmonischen Töne, die in ihren Schwingungsverhältnissen nach der natürlichen Zahlenreihe fortschreiten. Vergl. Art. Ton. Um den Versuch zu machen, schlage man einen der tiefsten Töne eines Claviers an oder streiche eine Saite eines Basses. Der physikalische Grund des Mitklingens bei Saiten liegt darin, dass gleichzeitig die Saite in ihrer ganzen Länge und in aliquoten Theilen schwingt. Bei dem Mitklingen einer tönenden Orgelpfeife oder einer Glocke würde man zu der Annahme seine Zuflucht nehmen müssen, dass die Luftwelle selbst und zwar ohne durch äussere Impulse dazu veranlasst zu sein, sich auf entsprechende Weise, wie eine Saite gliedere, und so die mitklingenden Töne von selbst hervorbringe.

Mittag als Himmelsgegend wird gewöhnlich Süd oder Süden genannt. Vergl. deshalb Art. Süd. — Mittag als Mittagszeit ist derjenige Moment des Tages, an welchem die Sonne ihren höch-

sten Stand erreicht hat, oder durch den Meridian geht, oder culminirt. Dieser Moment ist der Moment des wahren oder astronomischen Mittags. Da unsere Uhren nur mittlere Zeit zeigen, so trifft die Culmination der Sonne nicht immer mit dem Momente zusammen, an welchem die Uhren 12 Uhr zeigen; denn die nach dem scheinbaren Laufe der Sonne berechneten Tage sind ungleich.

Mittagsfernrohr, s. Art. Passageninstrument.

Mittagskreis, s. Art. Meridiankreis und Meridian.

Mittagslinie, s. Art. Meridian.

Mittagspunkt, s. Art. Süd.

Mittagsrohr, s. Art. Passageninstrument.

Mittagsuhr heisst eine Sonnenuhr, wenn ihre Ebene vertical ist und zugleich senkrecht auf der Mittagslinie des Ortes steht. Vergl. Art. Sonnenuhr.

Mittel im Sinne von Medium s. Art. Medium. — Arithmetisches Mittel ist die Summe aus zusammengehörigen Grössen dividirt durch die Anzahl der Grössen, z. B. mittlere Temperatur (s. Art. Isothermen). Geometrisches Mittel nennt man bisweilen die mittlere Proportionale zweier Grössen, also die Quadratwurzel aus dem Produkte beider. Harmonisches Mittel ist das Produkt zweier Grössen dividirt durch ihre Summe.

Mitteldruck ist die Resultirende aus zwei Druckkräften, welche auf ein und denselben Angriffspunkt unter einem Winkel wirken. S. Art. Bewegungslehre. IV. 3.

Mittelgandecke, s. Art. Gletscher.

Mittelkraft oder Resultirende, s. Bewegungslehre. IV. 3.

Mittellinie des Druckes heisst die Verbindungslinie — die gerade oder krumm ausfallen kann —, welche bei mehreren einander berührenden, drückenden und gedrückten Körpern die Angriffspunkte des mittleren Drucks mit einander verbindet, so dass diese Linie alle Punkte enthält, durch welche die Richtung des mittleren Drucks geht, wie er sich auf den successiv einander folgenden Berührungsflächen äussert. — Wegen der optischen Mittellinie vergl. Art. Polarisation A. d. Krystalle mit zwei Axen.

Mittelpunkt des Drucks ist der Punkt, in welchem die Resultirende mehrerer Druckkräfte angreift. Bei Flüssigkeiten wirken die Druckkräfte unter sich parallel auf die Gefässwände und der Mittelpunkt des Druckes ist also der Punkt, in welchem die Resultirende dieser Kräfte die Wand trifft. Bei einer verticalen oder geneigten Wand liegt dieser Punkt stets tiefer als der Schwerpunkt derselben oder des in Rede stehenden Stückes, da der Druck mit der Tiefe zunimmt.

Mittelpunkt, geometrischer, heisst bei sphärischen Spiegeln (s. Art. Spiegel) der Mittelpunkt der Kugel, von welcher die spiegelnde



Fläche ein Stück ist, ebenso bei Linsengläsern (s. d. Art.) der Mittelpunkt der Kugel, zu welcher die sphärischen Flächen gehören würden.

Mittelpunkt der Kräfte ist dasselbe wie Mittelpunkt der Resultirenden. Wirken nämlich zwei Kräfte auf verschiedene Punkte eines festverbundenen Systems und lässt sich für dieselben eine Resultirende finden, so geht diese stets durch ein und denselben Punkt. wenn die Kräfte ihre Richtung in demselben Sinne um gleiche Winkel ändern. Dasselbe findet statt, wenn mehr als zwei Kräfte sich auf eine Resultirende zurückführen lassen. Vergl. Art. Bewegungslehre. V. 2.

Mittelpunkt der Masse oder der Trägheit haben mehrere Mathematiker, namentlich Euler, den Schwerpunkt (s. d. Art.) genannt. weil er nur von der Masse und deren Vertheilung abhängt.

Mittelpunkt der Momente heisst derjenige Punkt, in Bezug auf welchen die arithmetische Summe der statischen Momente der Seitenkräfte bei dem Parallelogramme der Kräfte gleich ist dem statischen Momente der Mittelkraft. S. Art. Bewegungslehre. IV. 3.

Mittelpunkt, optischer, heisst bei einem sphärischen Spiegel (s. Art. Spiegel) der Punkt, in welchem die spiegelnde Fläche von einer senkrechten getroffen wird, die man von dem geometrischen Mittelpunkte auf die Ebene fällt, durch welche man die Spiegelfläche von der Kugel abgeschnitten denken kann. Bei Linsengläsern (s. d. Art. S. 35.) ist der optische Mittelpunkt derjenige Punkt, welcher die Eigenschaft besitzt, dass jeder durch ihn gehende Lichtstrahl parallel dem auf der Vorderfläche einfallenden Strahle auf der Hinterfläche austritt, so dass man bei nicht zu bedeutender Dicke der Linse einen solchen Strahl als ungebrochen durchgehend ansehen kann.

Mittelpunkt der Resultirenden, s. Art. Mittelpunkt der Kräfte.

Mittelpunktswinkel heisst der Winkel, welchen zwei an verschiedenen Orten der Erde errichtete verticale Linien mit einander im Mittelpunkte der Erde bilden würden.

Mitternacht als Himmelsgegend wird gewöhnlich Nord oder Norden genannt. Vergl. deshalb Art. Nord. — Mitternacht als Mitternachtszeit ist derjenige Moment des Tages (der Nacht), an welchem die Sonne ihren niedrigsten Stand erreicht hat, d. h. durch den Meridian geht an einem Orte, welcher 180° in der Länge verschieden ist. Mitternacht tritt also 12 Stunden vor und nach Mittag (s. d. Art.) ein.

Mittheilung, electrische, findet statt, wenn man einen Körper dadurch in den electrischen Zustand versetzt, dass man ihn durch einen schon electrisirten berührt oder diesem wenigstens so nahe bringt, dass ein Funke überspringt. Vergl. Art. Electricität. S. 259.

Mittheilung des Magnetismus in dem Sinne des Magnetisirens

besteht nicht in einem Abgeben des Magnetismus von dem bei der Operation gebrauchten Magnete an den zu magnetisirenden Körper, sondern ist eine Vertheilung. Vergl. Magnetismus. I. d.

Mittönen, das, besteht darin, dass durch die Schwingungen eines tönenden Körpers ein anderer ebenfalls in Schwingungen versetzt und so zum Tönen gebracht wird, ohne dass dabei eine sogenannte Resonanz (s. d. Art.) stattgehabt hätte. Spannt man auf einem Monochorde zwei Saiten auf, so dass sie denselben Ton geben, und bringt man dann nur die eine derselben zum Tönen, so tönt die andere mit, wie man sich leicht überzeugt, wenn man die erstere durch Berührung dämpft, oder wenn man auf die zweite kleine umgebogene Papierstreifchen, sogenannte Reiterchen, setzt, die in diesem Falle abgeworfen werden. Bedingung des Mittönens ist, dass der mittönende Körper geneigt ist ebensolche Schwingungen zu machen, wie der tönende, oder wenigstens leicht in Schwingungen geräth, die von denen des tönenden Körpers aliquote Theile sind. Hieraus erklärt sich, warum Geigen oder Guitarren und dergl., welche an der Wand hängen, zu tönen beginnen, wenn ein ihrer Stimmung entsprechender Ton erregt wird. Hält man eine tönende Stimmgabel über das offene Ende einer Orgelpfeife, welche für sich denselben Ton giebt, so beginnt die Luftsäule der Pfeife mit zu tönen.

Moderator der Dampfmaschine, s. Art. Regulator.

Modulgewicht oder Gewicht des Modulus nennt man das Gewicht, welches einen elastischen Körper von dem Querschnitte = 1 auf seine doppelte Länge ausdehnen oder auf die halbe Länge zusammendrücken würde, wenn die Ausdehnung oder Zusammendrückung bis dahin nach demselben Verhältnisse möglich wäre. Vergl. Art. Elasticität.

Modulhöhe drückt die Höhe eines cylindrischen Körpers von derselben homogenen Masse und demselben Querschnitte eines elastischen Körpers von dem Querschnitte = 1 aus, der an den letzteren angefügt diesen bis zur Elasticitätsgrenze ausdehnen würde. Vergl. Art. Modulgewicht.

Modulus der Elasticität, s. Art. Elasticitätsmodulus.

Mönch, s. Art. Brummkreisel.

Mörser, electrischer. In ein abgedrehtes Stückchen Buchsholz bohrt man ein etwa $1^1/_2$ Linie weites und 7 bis 8 Linien tiefes Loch, welches oben halbkugelförmig erweitert wird zur Aufnahme einer lose, aber doch gut schliessenden kleinen Kugel von Elfenbein, Holz, Kork oder Hollundermark; seitlich führt man in das Bohrloch unterhalb der Kugel zwei etwa eine Linie dicke Drähte, die aussen mit Ringen versehen sind und innen einander gegenüber stehen. Bringt man den einen Ring mit der äusseren und den andern mit der inneren Belegung einer geladenen electrischen Flasche in leitende Verbindung, so wird in Folge der Entladung die Kugel herausgeworfen.



Mofetten sind Erdspalten in der Nähe von Vulcanen, aus denen kohlensaures Gas ausströmt. Ihre Entwickelung hält namentlich in Kellern und Gewölben gewöhnlich längere Zeit an.

Molecel, } s. Art. Massentheilchen.
Molecül, }

Molecularkräfte heissen Kräfte, die rechnungsmässig nur in unendlich kleinen Entfernungen eine endliche Wirkung hervorrufen. Es gehören namentlich hierher die unter den Atomen wirksamen, sowohl anziehenden, als abstossenden Kräfte. Das Benetztwerden oder Nichtbenetztwerden eines in eine Flüssigkeit getauchten Körpers, ferner die Absorptionserscheinungen etc. sind Wirkungen der Molecularkräfte.

Mollet's Pumpe ist das sogenannte pneumatische Feuerzeug. s. Art. Feuerzeug. S. 335.

Moll-Tonart hat das Charakteristische, dass bei dem consonirenden Dreiklange oder Accorde auf eine kleine Terz eine grosse Terz folgt, während es bei der Dur-Tonart umgekehrt ist.

Moll-Tonleiter. Setzt man in der Dur-Tonleiter, in welcher auf zwei ganze Töne ein halber und auf diesen wieder drei ganze und dann noch ein halber folgen, für die grosse Terz die kleine, so muss man noch Veränderungen anbringen, wenn die ganze Tonleiter den Mollcharakter annehmen, also eine Moll-Tonleiter werden soll. Man sollte daher die Tonleiter so einrichten, dass nicht blos die Tonica, sondern auch die Ober- und Unterdominante Molldreiklänge haben. Da man indessen den Dominanten-Accord nicht gut entbehren kann, so giebt man der Oberdominante einen Durdreiklang. Man verfährt wohl gar so, dass man bei aufsteigenden Tönen selbst für die Unterdominante den Durdreiklang einführt, geht aber absteigend nur in Molldreiklängen fort, also in der Dur-Tonleiter, deren Grundton um eine kleine Terz höher liegt als derjenige der Moll-Tonleiter. Diese Moll- und Dur-Tonleitern heissen daher auch entsprechende Tonleitern. Die Moll-Tonleiter z. B. für den Grundton *A* sollte eigentlich heissen: ***A. H. c. d. e. f. g. a***; mit dem Dreiklange der Oberdominante lautet sie: ***A. H. c. d. e. f. gis. a***; mit dem Durdreiklange der Oberdominante und Unterdominante erhält man aufsteigend: ***A. H. c. d. e. fis. gis. a*** und absteigend: ***a. g. f. e. d. c. H. A.*** Vergl. Art. Ton.

Moment bedeutet eigentlich das, was eine Sache bewegt, daher auch das, was überhaupt einen Einfluss auf etwas Anderes ausübt. Einige Momente mit besonderer Bezeichnung erläutern die folgenden Artikel.

Moment, chemisches, nannte Berthollet das Product aus der Masse eines Körpers und der chemischen Verwandtschaft zu den Körper, auf welchen diese Masse chemisch einwirkte. Berthollet's Bezeichnung war eigentlich *masse chimique*, was man im Deutschen zwar auch durch chemische Masse übersetzt hat, aber gewöhnlich als chemisches Moment bezeichnete.

Moment, galvanisches oder des galvanischen Kreisstromes ist kurz $\pi f g y^2$, wo y der Halbmesser eines Kreisstromes, g die Intensität des Stromes, f ein constanter Factor und π die Ludolph'sche Zahl ist. Nimmt man diejenige Stromintensität zur Einheit, wobei der Strom, wenn er in der Ebene die Flächeneinheit umläuft, in der Ferne dieselbe Wirkung wie die Einheit des freien Magnetismus ausübt, so ergiebt sich der constante Factor = 1.

Moment, magnetisches eines Punktes in einem gleichmässig magnetisirten Stabe nennt man das Product aus dem freien Magnetismus dieses Punktes und dem Abstande dieses Punktes von der Mitte (von der Indifferenzstelle).

Moment, mechanisches, oder Bewegungsmoment ist das Product aus einer Kraft und dem Wege, welchen der Angriffspunkt derselben in ihrer Richtung beschreibt. Vergl. Art. Bewegungslehre. IV. 3. c.

Moment, statisches, nennt man das Product aus einer Kraft und der Entfernung derselben von dem Punkte, in Bezug auf welchen das Moment bestimmt werden soll. Die Entfernung giebt die Länge der von dem Punkte auf die Richtung der Kraft gefällten Senkrechten. Vergl. Art. Bewegungslehre. IV. 3. S. 96.

Moment, virtuelles, heisst das Product aus einer Kraft und der virtuellen Geschwindigkeit des Angriffspunktes. Virtuelle Geschwindigkeit ist der unendlich kleine Weg, welchen der Angriffspunkt im Falle einer Störung des Gleichgewichtes im ersten Augenblicke der Störung nach der Richtung der störenden Kraft zurücklegt.

Moment der Trägheit, s. Art. Trägheitsmoment.

Monat heisst ursprünglich die Zeit, während welcher der Mond den Wechsel seiner Phasen einmal vollendet oder einen Umlauf um den ganzen Himmel zurücklegt. Man unterscheidet verschiedene Arten des Monats.

1) Der siderische Monat ist die Zeit, welche vergeht, bis — unter der Voraussetzung, dass die Erde feststeht — der Mond, von einem bestimmten Fixsterne ausgegangen, zu demselben zurückkehrt. Die mittlere Länge beträgt 27 Tage 7 St. 43 Min. 11,5104 Sec.

2) Der periodische oder tropische Monat ist die Umlaufszeit des Mondes von dem Frühlingspunkte bis wieder zu demselben. Die mittlere Länge beträgt 27 Tage 7 St. 43 Min. 4,6848 Sec., da das Vorrücken der Nachtgleichen monatlich ungefähr 4 S. beträgt.

3) Der synodische Monat ist die Zeit von einem Neumonde bis zum nächsten oder von einem Vollmonde bis zum nächsten. Die mittlere Läng beträgt 29 Tage 12 St. 44 Min. 2,7168 Sec., da die Sonne während eines Monats (scheinbar) fortgerückt ist.

4) Der Knotenmonat oder Drachenmonat oder draconische Monat ist die Zeit, welche vergeht, bis der Mond wieder zu seinem aufsteigenden Knoten zurückkehrt. Die mittlere Länge beträgt



27 Tage 5 St. 3 Min. 28,90 Sec., da die Mondknoten monatlich ungefähr um $1^1/_2$ Grad vorrücken.

5) Der anomalistische Monat umfasst die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Stellungen des Mondes in der Erdnähe. Die mittlere Länge beträgt 27 Tage 13 St. 21 Min. 3,36 Sec. Der Mond steht dann in der grossen Axe seiner Bahn und diese rückt in einem tropischen Monate über 3° rechtläufig vor. S. Art. Mondknoten.

6) Der Sonnenmonat ist der zwölfte Theil des tropischen Sonnenjahres. Die Länge beträgt 30 Tage 10 St. 29 Min. 3,984 Sec.

7) Die bürgerlichen Monate haben ungleiche Länge. Die ächt altdeutschen Namen, welche Carl der Grosse vorgeschlagen haben soll, heissen: Wintermonat, Hornung, Lenzmond, Ostermond, Wonnemond, Brachmond, Heumond, Erntemond, Herbstmond, Weinmond, Windmond, Heilmond. — Die Monate des Kalenders der französischen Republik, welcher vom 22. Septbr. 1792 bis zum 9. Septbr. 1805 in Frankreich Geltung hatte, hiessen: ***Vendemiaire*** (22. Septbr. bis 21. Octbr.), ***Brumaire*** (22. Octbr. bis 20. Novbr.), ***Frimaire*** (21. Nov. bis 20. Dcbr.), ***Nivose*** (21. Dcbr. bis 19. Jan.), ***Pluviose*** (20. Jan. bis 18. Febr.), ***Ventose*** (19. Febr. bis 20. März), ***Germinal*** (21. März bis 19. April), ***Floreal*** (20. April bis 19. Mai), ***Prairial*** (20. Mai bis 18. Juni), ***Messidor*** (19. Juni bis 18. Juli), ***Thermidor*** (19. Juli bis 17. Aug.), ***Fructidor*** (18. Aug. bis 21. Septbr.).

8) Die Erleuchtungsmonate werden von der ersten Wiedererscheinung des Mondes nach dem Neumonde bis zur nächstfolgenden Wiedererscheinung gerechnet. — Vergl. überdies Art. Jahr u. Jahreszeiten.

Mond oder Nebenplanet (s. d. Art.).

Mond schlechthin heisst der Weltkörper, welcher die Erde, während sie ihren Lauf um die Sonne verfolgt, begleitet. Betrachtet man die Erde als feststehend, so ist die Bahn des Mondes um dieselbe eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde steht. Die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde ist 51315 geogr. Meilen. Da die Erde nicht still steht und den Mond auf ihrer Reise um die Sonne mit sich zieht, so entsteht durch diese doppelte Bewegung als Bahn des Mondes um die Sonne eine grosse Spiral- oder Schlangenlinie, welche ungefähr in der Mitte ihrer Windungen von der Erdbahn geschnitten wird. Man kann diese Mondbahn mit einer in 12 bis 13 Windungen zusammengeschlungenen Schnur vergleichen, deren Knoten oder Windungen aber, weil sie mit der jährlichen Schnur kein gemeinschaftliches Mass haben, selbst nach vielen tausend Jahren nicht wieder auf dieselbe Stelle fallen. In der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde erscheint uns der Mondhalbmesser unter einem Winkel von 15′ 43″,3. Hieraus ergiebt sich der Halbmesser des Mondes = $234^{675}/_{1000}$ (nach Mädler = 234,2) geogr. Meilen. Je nach der Entfernung des Mondes

erscheint uns sein Halbmesser unter 14′ 41″ bis 16′ 45″. Nehmen wir den Monddurchmesser zu 468,5 geogr. Meilen an, so ergiebt sich der Umfang des Mondes = 1470,5 geogr. Meilen, die Oberfläche = 689240 geogr. Quadratmeilen und das Volumen = 53806000 Cubikmeilen. Der Durchmesser des Mondes ist also 3,67, die Oberfläche 13,44 und das Volumen 49,25 mal kleiner als bei der Erde. Die Dichte des Mondes ist nur 0,5614 von der der Erde. Der Fallraum eines Körpers in der ersten Secunde ist auf dem Monde $6^1/_2$ mal kleiner als auf der Erde. Die mittlere Geschwindigkeit des Mondes in seiner Bahn um die Erde ist 0,13 Meilen oder 3046 par. Fuss. Wegen der Zeit, welche der Mond gebraucht, um andere Wege zurückzulegen, vergl. Art. Monat. — Ausser der Bewegung um die Erde hat der Mond noch eine zweite Bewegung, nämlich um seine Axe. Jene kann man — nach Analogie der Erdbewegung — für den Mond seine jährliche, diese seine tägliche Bewegung nennen. Während aber bei der Erde beide Bewegungen von verschiedener Dauer sind, die jährliche über 365 Mal länger als die tägliche ist, sind beide bei dem Monde vollkommen gleich, d. h. während der Mond einmal um die Erde herumgeht, bewegt er sich zugleich einmal um seine Axe. Dies wissen wir daher, weil die genaue Betrachtung der Oberfläche des Mondes in Bezug auf die sich auf derselben zeigenden Flecke zeigt, dass der Mond uns stets genau dieselbe Seite zuwendet, da eben diese Mondflecken uns stets genau an derselben Stelle erscheinen. Es ist, als ob der Mond mit der Erde gleichsam durch eine Stange unverrückbar verbunden wäre, welche durch die Mittelpunkte beider Körper ginge. Auch die Trabanten der übrigen Planeten zeigen ein gleiches Verhältniss zu dem Planeten, zu welchem sie gehören. — Weil der Mond unter allen Himmelskörpern der Erde am nächsten steht, so zeichnet er sich ungeachtet seiner Kleinheit vor allen übrigen durch seine scheinbare Grösse (s. Art. Grösse, scheinbare) aus. Auffallend ist die scheinbare Vergrösserung des im Horizonte stehenden Mondes in Vergleich zu seiner scheinbaren Grösse bei höherem Stande. Es erklärt sich dies dadurch, dass wir unwillkürlich die uns, wenn auch nur annähernd, bekannte Grösse der in der Nachbarschaft des Mondes am Horizont befindlichen Gegenstände auf den Durchmesser des Mondes übertragen, oder dass wir den Mond unwillkürlich in Vergleich zu jenen Gegenständen in zu grosse Entfernung versetzen, wie wir auch im Nebel gesehene Gegenstände oft zu gross taxiren. Diese scheinbare Vergrösserung zeigt sich daher nicht, wo uns Gegenstände zur Vergleichung fehlen. — Noch auffallender als durch seine bedeutende scheinbare Grösse ist der Mond durch die wechselnde Gestalt, in welcher er uns erscheint. Diese regelmässig wechselnden Lichtgestalten des Mondes, deren richtige Erklärung Anaximander zuerst erkannt haben soll, werden seine Phasen genannt. Die Ursache derselben ist der Umstand, dass der Mond nicht ein selbstleuchten-

der Körper ist, sondern das Licht, welches er uns zusendet und welches ihn sichtbar macht, von der Sonne entlehnt. Der Mond wird von der Sonne beleuchtet und erscheint daher nur auf derjenigen Seite erhellt, welche er der Sonne zukehrt. Hiernach ist klar, dass, wenn der Mond von der Erde aus in der Richtung nach der Sonne hin steht, er der Erde nur seine dunkle Hälfte zukehrt. Dies zeigt sich am entschiedensten bei den Sonnenfinsternissen, die nur bei dieser Stellung möglich sind. Wir sagen dann, es sei *Neumond*. Wir sehen dann den Mond nicht, weil er eben die dunkele Hälfte uns zuwendet und ausserdem uns die Sonne blendet. Einige Tage nach dem Neumonde erscheint der Mond links oder östlich von der Sonne in der Gestalt einer von der Sonne abgekehrten Sichel oder eines umgewendeten *C*. Da er dann nicht weit östlich von der Sonne entfernt ist, so muss er kurz nach der Sonne aufgehen und bald nach der Sonne untergehen. Nach Verlauf von $7\,^2/_5$ Tagen nach dem Neumonde hat der Mond sich um 90 Grad von der Sonne entfernt, also $^1/_4$ seiner Bahn zurückgelegt. Bis dahin ist die beleuchtete Hälfte des Mondes immer mehr sichtbar geworden, so dass wir nun die Hälfte dieser beleuchteten Hälfte wahrnehmen. Wir sagen dann, der Mond stehe in seiner *ersten Quadratur* oder im *ersten Viertel*. Der sichtbare Theil des beleuchteten Mondes hat dann die Gestalt einer halben Kreisfläche. Der Mond geht dann um Mittag auf und um Mitternacht unter. Nach Verlauf von abermals $7\,^2/_5$ Tagen hat der Mond die Hälfte seiner Bahn von der Sonne bis wieder zu derselben zurückgelegt und er steht in einer Richtung von der Sonne über die Erde hinweg hinter der letzteren. Jetzt kehrt der Mond der Erde seine ganze beleuchtete Hälfte zu, hat die Gestalt einer leuchtenden Kreisscheibe und man sagt, es sei *Vollmond*. Der Mond steht der Sonne gerade gegenüber (in *Opposition*) und geht daher auf, wenn diese untergeht, und unter, wenn diese aufgeht. Von nun an *nimmt* der Mond wieder ab und zwar auf derjenigen Seite, welche nach dem Neumonde zuerst leuchtend war. $7\,^2/_5$ Tage nach dem Vollmonde steht der Mond im letzten Viertel oder in der *zweiten Quadratur*, ist 90° von der Sonne, erscheint wie bei dem ersten Viertel in einer halben Kreisfläche erleuchtet, aber die rechte Hälfte ist jetzt dunkel, während sie bei dem ersten Viertel erleuchtet war, und er geht um Mitternacht auf und um Mittag unter. Von hier ab wird der sichtbare Theil der beleuchteten Mondfläche immer kleiner, nimmt immer mehr die Gestalt eines *C* an oder einer Sichel, die aber entgegengesetzt wie nach Neumond liegt, und endlich verschwindet der Mond in den Strahlen der Sonne. Es wird dann wieder Neumond und der Mondwechsel wiederholt sich hierauf. — Da die Erde ebenfalls ein dunkler Körper ist, so zeigt dieselbe vom Monde aus ebenfalls Phasen. Zur Zeit, wo wir Neumond haben, erscheint die Erde vom Monde aus als *Vollerde*; zur Zeit des ersten Mondviertels als abnehmende Halbscheibe oder als *letztes Erdviertel*. — Wäh-

rend der Mond kurz vor und nach dem Neumonde als eine schmale Sichel am Himmel steht, kann man mit scharfen Augen und durch Fernröhre auch den übrigen nicht erleuchteten Theil des Mondes erblicken, aber derselbe schimmert nur in einem sehr schwachen Lichte, welches immer schwächer wird, je näher der Mond der Quadratur steht. Dieses Licht wird als aschgraues bezeichnet und rührt von der Erde her. Die von der Sonne auf die Erde fallenden Lichtstrahlen beleuchten diese und die so beleuchtete Erde erleuchtet wieder den Mond, so wie der beleuchtete Mond auch unsere Nächte erhellt (vergl. Erdschein). — Betrachtet man den Mond zur Zeit, wo er als Sichel sichtbar ist, so scheint der aschfarbene Theil des Mondes einen kleineren Durchmesser zu haben als der, zu welchem die Sichel gehören würde. Der Grund hiervon liegt in der Irradiation (s. d. Art.).

Dass der Mond der Erde immer dieselbe Seite zukehre, ist in aller Strenge nicht richtig. Genauere und längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen der Mondflecken haben gezeigt, dass diese nicht stets in demselben Abstande von dem Rande oder dem Mittelpunkte der Mondscheibe liegen. Der Mond scheint eine Schwankung sowohl in der Richtung von Osten nach Westen, als auch in der von Süden nach Norden zu machen. Man nennt dies die Libration des Mondes und bezeichnet jene Schwankung als Libration in Länge und diese als Libration in Breite. Die erstere Libration hat ihren Grund darin, dass die Bahn des Mondes um die Erde eine Ellipse ist, und derselbe sich folglich mit ungleichförmiger Winkelgeschwindigkeit in seiner Bahn bewegt, während seine Umdrehung um die Axe mit völlig gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit erfolgt. Die andere Libration hat ihren Ursprung in dem Umstande, dass der Mond mit seiner Axe nicht senkrecht auf der Ecliptik steht, sondern im Mittel $1^1/_2$ Grad mit seinem Aequator gegen diese constant geneigt ist. Ueberdies ist die Mondbahn gegen die Ecliptik um 5° 8′ 47″,9 geneigt, so dass die Bahn des Mondes um die Erde in Bezug auf den Aequator desselben im Mittel $6^1/_2$ Grad Neigung hat. Steht nun der Mond z. B. 5° nördlich von der Ecliptik, so sehen wir über seinen Südpol hinaus, und umgekehrt ist es, wenn der Mond südlich von der Ecliptik steht. Die Gesammtwirkung der beiden Librationen nennt man die allgemeine Libration. Eine dritte Libration ist die parallaktische, die darin beruht, dass zwei Beobachter an verschiedenen Stellen der Erde gleichzeitig nicht dasselbe Profil der Mondscheibe haben können. Eine vierte, bis jetzt eigentlich nur theoretisch bekannte, Libration ist die physische, die darin begründet ist, dass wir auf der Oberfläche der Erde nicht genau dieselbe Seite der Mondkugel erblicken, welche wir von dem Mittelpunkte der Erde aus sehen würden.

Da der Mondäquator mit der Ecliptik nur den unbedeutenden Winkel $1^1/_2$° macht, so kann auf dem Monde fast gar kein Unterschied



der Jahreszeiten stattfinden. — Ein Tag auf dem Monde dauert 29½ mal so lange, als ein Tag auf der Erde; die Hälfte dieser Zeit ist Nacht. — Der Mond hat keine Atmosphäre (s. d. Art.), folglich auch kein Wasser. Folglich können auf dem Monde weder Thiere noch Pflanzen von der Art, wie sie auf der Erde construit sind, leben. — Die Mondoberfläche ist voller Berge und Thäler. Aus dem Schatten, welchen die Berge werfen, kann man die Höhe derselben berechnen. Einige dieser Berge erreichen eine Höhe von 25000 par. Fuss. Man unterscheidet Ringgebirge und Bergketten. Jene haben grösstentheils die Form grosser ausgetrockneter Teiche, welche rings von hohen Wällen umgeben sind und oft viele Quadratmeilen haltende Flächen einschliessen, in deren Mitte gewöhnlich ein einzelner kegelförmiger Berg sich erhebt. Sie scheinen vulcanischen Ursprungs zu sein, indem die eingeschlossenen Flächen ungeheuer weiten und tiefen Kraterbecken gleichen. Die Bergketten laufen meist strahlenförmig von hohen Bergrücken aus. Ausserdem giebt es einzelne Bergkegel; auch hat man, gewöhnlich zwischen zwei oder mehreren Ringgebirgen, Streifen von unbedeutender Breite, welche oft mitten durch die Krater hindurchgehen, sogenannte Rillen, entdeckt. Ueberdies finden sich noch grosse, meist grau gefärbte Flecken, in welchen keine Unebenheiten zu entdecken sind, und die man Meere genannt hat, ohne dass indessen an eine Aehnlichkeit mit unseren Meeren — da es eben auf dem Monde kein Wasser giebt — zu denken wäre. Von den Vulcanen des Mondes scheinen einige noch jetzt in Thätigkeit zu sein. Die neuesten ausgezeichneten Mondkarten sind von Beer und Mädler. — Dass der Mond eine Abplattung habe, sollte man theoretisch vermuthen, da sie durch die Rotation herbeigeführt werden musste. Sie könnte jedoch nur 9,2 Toisen betragen. Wegen der Gravitation der Erde muss die der Erde zugewendete Mondhalbkugel angeschwollen sein. Nach Hansen liegt nun der geometrische Mittelpunkt des Mondes von dem Mittelpunkte seiner Masse, d. h. dem Schwerpunkte, dergestalt verschieden, dass der Schwerpunkt um 8 Meilen nach der jenseitigen Mondhalbkugel von dem geometrischen Mittelpunkte absteht und dass somit die Mitte der diesseitigen Halbkugel um 16 Meilen weiter von dem Sitze der Mondschwere entfernt ist, als die Mitte der jenseitigen Hemisphäre. — Die *Mappa selenographica* von W. Beer und J. H. Mädler. Berlin 1837 ist immer noch das bedeutendste Werk über den Mond.

Wegen der Wirkung des Mondes auf das Meer s. Art. Ebbe, wegen des Einflusses auf die Erdbeben s. Art. Erdbeben, wegen des magnetischen Einflusses s. Art. Magnetismus der Erde. 5, ebenso vergl. Art Regen und Wind. Von den Mondfinsternissen handelt ein besonderer Artikel und ebenso geben noch andere Artikel über hier nicht berührte den Mond betreffende Punkte Aufschluss. Vergl. z. B. auch Selenographie und Selenologie.

Mondalter nennt man die vom Neumonde an gerechnete Zeit.

Mondbahn, s. Art. Mond und Mondknoten.

Mondberge, s. Art. Mond.

Mondcyclus ist ein Zeitraum von 19 Jahren (eigentlich 1 St. 29 Min. $13^3/_4$ Sec. weniger), nach dessen Ablauf die Mondphasen ebenso wiederkehren, wie in den vorhergehenden. Nach Ablauf von 19 Jahren fallen also die Neumonde und die übrigen Phasen wieder auf dieselben Monatstage.

Monddistanz ist der Winkelabstand zwischen dem Monde und der Sonne, oder dem Monde und gewissen Fixsternen nahe an der Ecliptik, oder dem Monde und einem Planeten. Die Monddistanz ist wegen der Bestimmung der geographischen Länge besonders in der Nautik wichtig.

Mondenjahr oder Mondjahr nannte man die Zeit von 12 Mondumläufen, also eine Zeit von 354 Tagen 8 St. 48 Min. 36 Sec. Um das Mondenjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen, sind bedeutende Einschaltungen nothwendig. Vor Cäsar rechneten die Römer nach Mondenjahren. Sie schalteten alle zwei Jahre nach dem 23. Februar einen Monat (*mensis intercalaris*) von 22 oder 23 Tagen ein. Die Griechen hatten in je 19 Jahren 7 Schaltmonate. Auch die Juden rechneten nach Mondenjahren. Jetzt ist diese Jahresrechnung nur noch bei den Türken, welche abwechselnd Monate von 29 und 30 Tagen haben, in Gebrauch.

Mondfinsterniss. Die von der Sonne beleuchtete Erde wirft hinter sich einen über 180000 Meilen langen Schattenkegel. Tritt nun der Mond, der nur etwa 51000 Meilen von der Erde entfernt ist, in diesen Schatten, so scheint eine dunkle Scheibe von Osten nach Westen über denselben hinweg zu ziehen, und dieses Phänomen nennt man eine Mondfinsterniss. Läge die Bahn des Mondes in derselben Ebene mit der Ecliptik, so müsste alle Monate eine Mondfinsterniss eintreten, nämlich jedesmal zur Zeit des Vollmondes. Da jedoch die Mondbahn mit der Erdbahn einen Winkel von über 5⁰ macht (s. Art. Mond), so ist dies nicht der Fall, indem der Mond unter oder über dem Schatten hinweggehen kann. In der Entfernung des Mondes von der Erde hat der Erdschatten einen Durchmesser von etwa 1200 Meilen (s. Art. Schatten). Da nun der Durchmesser des Mondes nur 468,5 Meilen beträgt, so kann es kommen, dass der Mond ganz und gar in den Schatten der Erde geräth und einige Zeit vergeht, ehe er wieder heraustritt. Dann heisst die Mondfinsterniss eine totale d. h. gänzliche. Streift der Mond nur den Erdschatten, geräth er also nur theilweis in denselben, so heisst die Mondfinsterniss eine partiale d. h. theilweise. Eine totale Mondfinsterniss kann nicht über 4 Stunden 38 Min. dauern, eine partiale nicht über 2 St. 18 Min. Trifft bei einer totalen Mondfinsterniss der Mittelpunkt der Mondscheibe mit dem Mittelpunkte des Schattendurchschnittes, also mit der Axe des Schattenkegels zusammen, so nennt man

sie eine centrale. — Die Grösse einer Mondfinsterniss pflegt man nach Zollen anzugeben, indem auf den ganzen Durchmesser des Mondes 12 Zolle gerechnet werden. Jeder Zoll wird in 60 Minuten getheilt. Eine totale Mondfinsterniss ist gerade 12 Zoll, wenn sie nur einen Augenblick total ist, hält sie aber länger an oder ist sie von Dauer, so rechnet man noch die Zolle hinzu, um welche sich der Mond weiter in den Erdschatten eintaucht, so dass selbst über 20 Zoll herauskommen können. — Binnen 18 Jahren und 11 Tagen kehren wegen des Umlaufes der Mondknoten alle Mondfinsternisse wieder und zwar kommen auf diesen Zeitraum 29 derselben. — Ein völliges Verschwinden oder Unsichtbarwerden des Mondes bei totalen Mondfinsternissen ist überaus selten. Der Rand des Erdschattens ist wegen des Halbschattens wie verwaschen, ausserdem ist der Schatten nicht dunkel und alles verhüllend, sondern mehr oder weniger roth und undurchsichtig, was jedenfalls davon herrührt, dass die Erde eine das Licht brechende und trübende Atmosphäre hat.

Mondflecken, d. h. die dunkleren Stellen auf dem Monde rühren von den Bergen und Thälern auf der Mondoberfläche her. Vergl. Art. Mond.

Mondgebirge, s. Art. Mond.

Mondjahr, s. Art. Mondenjahr.

Mondknoten, s. Art. Knoten. Die Mondknoten treffen nicht immer auf dieselbe Stelle. In 365 Tagen nimmt die Länge der Mondknoten in Bezug auf die Fixsterne um $19^0,3426$ ab, d. h. die Knoten gehen in jedem gemeinen Jahre in der Ecliptik um diesen Winkel rückwärts. Der siderische Umlauf der Knoten erfolgt hiernach in 18 bis 19 Jahren. — Die Endpunkte der grossen Axe der Mondbahn (die Apsiden) gehen in 365 Tagen in Bezug auf die Fixsterne $40^0,6488$ vorwärts, woraus sich die Länge des anomalistischen Monats (s. Art. Monat) ergiebt.

Mondlicht. Der Mond an sich ist ein dunkler Körper und leuchtet durch von seiner Oberfläche reflectirtes Sonnenlicht. Das Mondlicht ist daher auch polarisirt. Nach Wollaston erleuchtet das Mondlicht 144 mal schwächer als das Licht einer in 12 Fuss Entfernung stehenden Wachskerze; das Sonnenlicht würde 801072 mal stärker erhellen, nach Bouguer hingegen nur 300000 mal. — Wegen des sogenannten aschgrauen Mondlichtes, welches bald nach Neumond dem dunklen Theile des Mondes entstrahlt, vergl. Art. Mond. S. 141.

Mondphasen nennt man die regelmässig wechselnden Gestalten des Mondes: Neumond, Vollmond, erstes und letztes Viertel. Vergl. Art. Mond. S. 139 und 140.

Mondregenbogen nennt man die allerdings selten auftretenden Regenbogen bei Mondbeleuchtung. Sie erfolgen unter denselben Bedingungen wie die Sonnenregenbogen (s. Art. Regenbogen), sind

jedoch nur lichtschwach, auch nicht immer farbig, sondern zuweilen nur weisslich oder gelblich.

Mondschein, s. Art. Erdschein.

Mondstein, s. Art. Feuerkugel. Auch nennt man einen opalartigen Adular, der sich z. B. auf Grönland als Geschiebe findet, Mondstein.

Mondtafeln sind Tabellen, welche dazu dienen, den jedesmaligen Stand des Mondes am Himmel im Voraus zu berechnen. Sie sind besonders wichtig zur Bestimmung der geographischen Länge bei der Schifffahrt. Mit Hilfe des Sextanten bestimmt der Seemann den Winkelabstand des Mondes und eines bestimmten Sternes, während zwei Gehilfen die Höhe des Mondes und des Sternes messen, wobei natürlich zugleich die Beobachtungszeit festgestellt wird. Aus einer Vergleichung mit den für einen bestimmten Ort, z. B. für London, berechneten Tafeln ergiebt sich der Unterschied in der Länge. Die gemessenen Höhen sind auf den Mittelpunkt der Erde zu reduciren. — Die Idee zu den Mondtafeln stammt von einem Nürnberger Johann Werner (1519) her; die ersten vollständigen Mondtafeln verdanken wir aber (1755) Tobias Mayer, dessen Wittwe dafür von dem englischen Parlamente eine Belohnung von 3000 Pfd. Sterl. erhielt. Laplace und Bürg haben die Mayer'schen Tafeln vervollkommnet. In neuerer Zeit haben namentlich die Mondtafeln des Nordamerikaners Peirce Anerkennung gefunden.

Mondviertel, erstes und letztes, s. Art. Mond.

Mondwechsel besteht in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Mondphasen. S. Art. Mond.

Monochord (Einsait) oder Sonometer (Schallmesser) oder Tonometer (Tonmesser) ist ein Instrument zur Ermittelung und Prüfung der bei gespannten Saiten stattfindenden Verhältnisse zwischen Länge, Dicke und Spannung zu dem Tone, welchen sie in Schwingungen versetzt geben. — Das Monochord kann verschiedene Gestalten erhalten; in der einfachsten besteht dasselbe aus einer einzigen über einen Resonanzboden gespannten Saite, unter welcher ein verschiebbarer Steg an beliebigen Stellen eingesetzt werden kann. In der Regel bringt man aber mehrere Saiten an, wenigstens zwei, um das Verhältniss des Tones zur Saitendicke, oder zur Spannung zu ermitteln, auch wohl um dem Stoffe nach verschiedene Saiten in akustischer Hinsicht vergleichen zu können. Man unterscheidet daher wohl auch noch das Dychord mit zwei Saiten, das Tetrachord mit vier Saiten.

Monochromatisch heisst ein Körper, welcher von dem auf ihn fallenden Lichte nur eine Farbe reflectirt oder durchlässt. Vergl. Art. Farbe und Dichroismus.

Monogen nennt Erlenmeyer die Elemente, welche sich — wie Silber und die Alkalimetalle — mit Chlor nur in einem einzigen Verhält-

nisse vereinigen können, während polygene Elemente diejenigen sein sollen, welche sich in mehreren Verhältnissen mit Chlor oder mit monogenen Elementen überhaupt verbinden.

Monsoon | ist die englische Bezeichnung der Mussons. S. Art.
Monsun | Musson.

Montgolfière heisst ein durch Erhitzen der eingeschlossenen Luft zum Steigen gebrachter Luftballon im Gegensatze zu den mit einem leichten Gase gefüllten Charlièren. Vergl. Art. Luftball.

Moorbrennen als Ursache des Moorrauchs, s. Art. Haarrauch.

Moorrauch, s. Art. Haarrauch.

Moräne oder Gandecke heisst die wallartige Erhöhung oder der Schuttwall, der sich vor einer Gletscherwand aus den von dem Gletscher mitgeführten Felsblöcken und Gebirgsschutte bildet, wenn das Eis an der Wand abschmilzt. Vergl. Art. Gletscher.

Morgen als Himmelsgegend wird gewöhnlich Ost oder Osten genannt. Vergl. deshalb Art. Ost. — Morgen als Morgenzeit ist die Zeit des Sonnenaufgangs. — Morgen als Feldmass ist eine Fläche von 180 Quadratruthen.

Morgendämmerung, s. Art. Dämmerung.

Morgengegend, s. Art. Morgen.

Morgenpunkt oder Ostpunkt, s. Art Ost.

Morgenröthe, | s. Art. Abendroth.
Morgenroth, |

Morgenstern, s. Venus im Art. Planeten.

Morgenuhr heisst eine Sonnenuhr, wenn ihre Ebene vertical steht und gegen Osten gekehrt ist. Eine solche Uhr zeigt nur die Vormittagsstunden.

Morgenweite heisst der Abstand eines Gestirnes im Augenblicke seines Aufganges vom wahren Ostpunkte. Die Morgenweite wird gemessen durch den Bogen des Horizontes zwischen dem Ostpunkte desselben und dem Mittelpunkte des Gestirnes. Für den Seemann ist die Ermittelung der Morgen- und Abendweite besonders wegen der Bestimmung der Declination der Magnetnadel wichtig. Vergl. Art. Abendweite.

Morgenwind, s. Thalwind.

Morse's Telegraph liefert die Depeschen auf einem Papierstreifen, indem er die Buchstaben in aus Punkten und Strichen bestehenden Zeichen auf demselben eindrückt. Näheres im Art. Telegraphie.

Moser's Bilder, s. Art. Hauptbilder.

Mosköestrom, s. Art. Mahlstrom.

Mostmesser, der, oder das Gleukometer gehört zu den Aräometern. Chevalier benutzt als solchen ein Beaume'sches Aräometer für schwerere Flüssigkeiten, aber nur die Grade von 0 bis 16

abwärts, die er möglichst gross macht. Je mehr Grade das Instrument anzeigt, desto mehr Zucker soll in dem Moste enthalten sein.

Motor bedeutet überhaupt eine Vorrichtung, durch welche Bewegung erzeugt wird. In diesem Sinne sind Dampfmaschinen Dampfmotoren. Wegen der electromagnetischen Motoren vergl. Art Electromagnet. Bei den Nerven unterscheidet man motorische (bewegende) und sensitive (empfindende) etc.

Mouches volantes, s. Mücken, fliegende.

Mousson ist die französische Bezeichnung der Mussons. S. Art. Musson.

Mücken, fliegende, oder *mouches volantes* nennt man eine Erscheinung, welche darin besteht, dass man vor den Augen schwarze (schattige) Punkte, Fäden, Netze oder Schnüre, ähnlich den Perlenschnüren, in grösserer oder geringerer Menge sich bewegen sieht. Die Ursache liegt in feinen, höchstens $^1/_{120}$ Linie im Durchmesser haltenden Partikelchen, die in der Glasfeuchtigkeit (s. Art. Auge) suspendirt sind und ihren Schatten auf die Retina (s. Art. Auge) werfen. Nach Brewster rühren diese Partikelchen von den Resten der Gefässe her, welche die Glasfeuchtigkeit umschliessen.

Mühle Barker's ist eine Reactionsmühle, d. h. eine Mühle, bei welcher die Bewegung durch ein Segner'sches Rad (s. Art. Rad, Segner'sches) bewirkt wird.

Mühle, electrische, s. Art. Rad, electrisches.

Mühlrad, s. Art. Wasserrad.

Multiplicationskreis oder Vervielfältigungskreis ist ein astronomisches Messinstrument, welches nicht wie das Passageninstrument (s. d. Art.) blos auf Beobachtungen in der Ebene des Meridians beschränkt ist. Das Instrument besteht aus zwei concentrischen Kreisen, von denen der eine sich an die Peripherie des anderen, diese umfassend, anschliesst, und welche beide um eine gemeinschaftliche horizontale Axe drehbar sind. Die Peripherie des einen Kreises trägt die Eintheilung, die des anderen die Verniere (s. Art. Nonius); gewöhnlich ist der äussere Kreis mit der Eintheilung versehen. Der innere Kreis hat an seiner Axe noch ein Fernrohr, dessen Axe der Ebene des Kreises parallel läuft und welches sich nur mit dem inneren Kreise zugleich drehen lässt. Die Axe beider Kreise wird von einer verticalen Säule getragen und diese Säule lässt sich auf einem unten angebrachten Horizontalkreise drehen, wobei die Axe der Säule durch den Mittelpunkt des Kreises geht. Man kann dadurch dem Fernrohre jede verticale Bewegung auch ausserhalb der Meridianebene ertheilen und Zenithdistanzen beobachten. Um die Fehler der Beobachtung namentlich in Folge mangelhafter Eintheilung zu eliminiren, wiederholte man die Beobachtungen früher in einer bestimmten Weise und davon erhielt das Instrument seinen Namen. Namentlich kam es hierbei darauf an, die Säule um 180° zu drehen



und einmal die Beobachtung mit links und das andere Mal mit rechts von den Kreisen liegendem Rohre auszuführen, wodurch man die doppelte Zenithdistanz erhielt. Man ging wohl gar noch weiter und ermittelte das Vierfache etc. Jetzt wird diese Multiplication nicht mehr ausgeführt, da man das Instrument viel zuverlässiger herzustellen weiss. Vergl. überdies Art. Theodolit.

Multiplicator heisst ein von Schweigger in Halle bald nach Entdeckung des Electromagnetismus durch Oersted (1819) angegebener und daher auch nach demselben benannter Apparat, durch welchen die Wirkung eines electrischen Stromes auf die Magnetnadel vervielfacht, also multiplicirt wird. Das Wesentliche ist mit Seide übersponnener und über einen kleinen Holzrahmen wiederholt gewundener Draht und eine kleine Magnetnadel, welche innerhalb der Drahtwindungen ihren Drehpunkt hat, so dass die Windungen über und unter derselben hinweggehen. Wegen der Wirkungsweise des Multiplicators s. Art. Electrodynamik. B. und wegen der Benutzung desselben als Galvanoskop und Galvanometer, d. h. als Anzeiger eines wenn auch nur schwachen electrischen Stromes und als Strommesser, vergl. Art. Galvanometer.

Mumienhöhlen sind Höhlen (s. d. Art.), die als Begräbnissstätten benutzt worden sind. In Mexico hat man im Thale Bolson de Mapimi eine mit Mumien angefüllte Höhle entdeckt.

Münch's Säule ist ein aus 6 Kupfer- und 4 Zinkplatten bestehender galvanischer Becherapparat. Die Platten tauchen in 2 Glässer mit verdünnter Schwefelsäure. In jedem Glase stehen 3 Kupferplatten und zwei Zinkplatten in der Reihenfolge *k z k z k*; die Platten sind einzeln in die Nuthen zweier hölzerner Rahmen, von denen zu jedem Glase einer gehört, gesteckt, so dass man die Platten einzeln herausnehmen kann. Die erste Kupferplatte wird durch Klemmschrauben mit der zweiten Zinkplatte (Platte 4) verbunden, ebenso die Kupferplatte 2 mit Kupferplatte 3 und die letztere mit der ersten Zinkplatte im zweiten Glase (also Platte 3, 5 und 7), desgleichen Kupferplatte 4 mit Zinkplatte 4 (also Platte 6 mit 9) und Kupferplatte 5 mit Kupferplatte 6 (also Platte 8 mit 10); die Polplatten sind die erste Zinkplatte (Platte 2) und die letzte Kupferplatte (Platte 10). Beide Rahmen sind unter sich verbunden und lassen sich an einem zwischen beiden Gläsern stehenden Stabe höher und niedriger festschrauben, so dass man die Platten beliebig tief in die Ladungsflüssigkeit eintauchen kann. Der Apparat ist für den täglichen Gebrauch sehr bequem.

Mundharmonika ist ein einfaches musikalisches Instrument, bei welchem die Töne durch nach Accorden gestimmte Zungen, die unmittelbar durch Blasen mit dem Munde in Schwingungen versetzt werden, erzeugt werden. Vergl. Art. Handharmonika und Harmonium.

Mundloch heisst bei musikalischen Instrumenten, welche durch Blasen mit dem Munde ohne besonderes Mundstück zum Tönen gebracht werden, die Oeffnung, auf welche der aus dem Munde kommende Luftstrom unmittelbar einwirkt, z. B. bei der Flöte.

Mundstück heisst bei vielen Blasinstrumenten der zum Anblasen dienende Theil. Die Einrichtung ist verschieden und bei den einzelnen Instrumenten angegeben, z. B. Fagott, Horn, Oboe, Zungenpfeife.

Muschelschieber ist das Muschelventil. S. d. Art.

Muschelthermometer ist ein von Magellan vorgeschlagenes, aber wenig gebräuchliches Thermometer. Die Kugel ist von oben her eingedrückt, um Flüssigkeiten in der Vertiefung aufzunehmen, die untersucht werden sollen.

Muschelventil oder *C*-Schiebe-Ventil ist das in der Dampfkammer bei den Dampfmaschinen angebrachte Ventil, durch dessen Stellung der Ein- und Austritt des Dampfes in den Cylinder auf der einen oder der anderen Seite des Kolbens bestimmt wird. Vergl. Dampfmaschine. Eine Abart des Kegelventils, wenn nämlich der Ventilkörper ein Kugelabschnitt ist, nennt man auch Muschelventil. S. Art. Kegelventil.

Muschen nennt man bisweilen die fliegenden Mücken (s. Art. Mücken, fliegende) nach dem Französischen mouches volantes.

Musim ist die malaische Bezeichnung der Mussons. S. Art. Musson.

Muskelstrom nennt man den in den Muskeln eines lebenden Thieres auftretenden electrischen Strom. Jeder Muskel wirkt nämlich wie eine geschlossene Kette. Schneidet man einen Muskel quer durch und setzt einerseits diesen Querschnitt, andererseits die Oberfläche mit dem Galvanometer (s. d. Art.) in leitende Verbindung, so erhält man einen Strom, der von der Oberfläche nach dem Querschnitt geht. Zerreisst man einen Muskel in der Richtung der Längsfasern, so verhält sich dieser Längsschnitt zum Querschnitte ebenso, wie die Oberfläche zu demselben. Durch willkürliche Zusammenziehung (Contraction) der Muskeln erleidet der Muskelstrom eine Schwächung. Es gelang 1850 zuerst Du Bois-Reymond in Berlin, diese Thatsachen ausser Zweifel zu setzen, nachdem allerdings bereits Galvani 60 Jahre früher das Phänomen im Allgemeinen behauptet hatte. Auch die Nerven eines lebenden Thieres wirken wie eine geschlossene Kette (s. Art. Nervenstrom), überhaupt können am menschlichen Körper keine zwei Hautstellen zum Kreise geschlossen werden, ohne dass ein Strom entstehe. Vergl. Thierische Electricität.

Musson bedeutet einen Wind, welcher regelmässig mit der Jahreszeit in seiner Richtung wechselt. Die alten Griechen nannten solche Wechselwinde Etesien; im Altarabischen hatte man dafür die Bezeichnung Mausim und damit hängen die anderen Bezeichnungen zusammen,

nämlich bei den Malaien Musim, bei den Engländern Monsoon, bei den Franzosen Mousson. Die Mussons zeigen sich namentlich in dem indischen Oceane und im südlichen Asien. Auf dem nördlichen Theile des indischen Oceans herrscht vom October bis April Nordostwind und vom April bis October Südwestwind, getrennt an einigen Orten zur Zeit des Ueberganges durch Windstillen, an anderen durch veränderliche Winde. Schon zu Alexander des Grossen Zeiten kannten die Griechen diese Verhältnisse und man führte diese Kunde auf den Hippalus zurück, so dass man sogar den im indischen Meere wehenden Südwestwind den Hippalus nannte. Zwischen Madagaskar und Neuholland herrscht während des ganzen Jahres der Südostpassat; auf der Nordseite des Aequators sollte man nun den Nordostpassat erwarten. Letzteres ist auch während der Wintermonate der Fall, weil dann die Sonne südlich steht und von dem kälteren Asien ein kalter Luftstrom südlich geht, der durch die Axendrehung der Erde (s. Art. Passatwinde) zu einem Nordost wird. Im Sommer treten durch die Gestaltung des Festlandes im Norden des indischen Oceans in diesen Gegenden andere Verhältnisse ein. Die Gegend der Windstillen rückt im Sommer, wo das Festland sich stark erwärmt, weit auf die Nordseite des Aequators, der Südostpassat überschreitet dann den Aequator und verändert, da er bei seinem Fortrücken in Gegenden immer kleinerer Rotationsgeschwindigkeit kommt, seine Richtung erst in Südwind und endlich sogar in Südwestwind. Es giebt daher dort Gegenden, in denen eine Zeit lang Nordostwind weht, worauf die Gegend der Windstillen dahin trifft, dann der Südwestwind herrscht, worauf wieder die Windstillen eintreten, denen der Nordostwind folgt. Und dies Alles richtet sich nach dem Gange der Sonne, also nach den Jahreszeiten. Die Matrosen nennen diese Winde wohl auch wegen ihres Hin- und Hermarschirens Matrosenwinde. Für die Segelschifffahrt sind diese Winde in jenen Gegenden seit alten Zeiten von der grössten Wichtigkeit gewesen.

Musterzeiger, s. Art. Typoskop.

Mutterlauge heisst die Flüssigkeit, in welcher bei der Krystallbildung die krystallisirende Substanz aufgelöst war und welche die Krystalle noch während der Bildung umgiebt. S. Art. Krystallogenie.

Myodesopsie bedeutet das Muschensehen. S. Art. Mücken, fliegende.

Myopie bedeutet Kurzsichtigkeit, } s. Art. Kurzsichtig.
Myopisch bedeutet kurzsichtig, }

Myriagramm heisst ein Gewicht von 10000 Gramm. S. Art. Gramm.

Myriameter heisst eine Länge von 10000 Metern. S. Art. Meter.

Myzogasometer hat Zenneck einen pneumatischen Apparat genannt, den er für den Fall vorschlug, wenn beim Experimentiren mit

Gasen keine grössere pneumatische Wanne zu Gebote steht. Wesentlich war bei diesem Apparate, die Luft in einem Cylinder, welcher in der Absperrflüssigkeit mit der Oeffnung nach unten steht, durch Saugen an einem Rohre zu entfernen und so den Cylinder mit der Absperrflüssigkeit zu füllen. Das Saugrohr war mehrmals rechtwinkelig gebogen und reichte mit dem inneren Ende bis zum (oben liegenden) Boden des Cylinders.

N.

Nachbild nennt man das Bild, welches nach einem starken Lichteindrucke dem Auge vorschwebt. Man unterscheidet positive und negative Nachbilder. Bei jenen ist das hell, was im Objecte hell, und das dunkel, was im Objecte dunkel ist; bei diesen ist es gerade umgekehrt. Die positiven Nachbilder sollen nach Plateau darin bedingt sein, dass die Retina (s. Art. Auge), ohne Rücksicht auf eine Ermüdung derselben, durch den primären Eindruck in secundäre Erregungszustände, die dann den betreffenden Farbenerscheinungen zum Grunde liegen (s. Art. Abklingen), versetzt werde. Die Retina befindet sich für je zwei complementäre Farben (s. Art. Farbe) gewissermassen in entgegengesetzten Zuständen in der Art, dass dieselbe, durch eine bestimmte Farbe angeregt, nun selbst das Bestreben in sich trägt, in den entgegengesetzten Zustand überzugehen. Ist also ein Theil der Retina durch Einwirkung gewisser Farbestrahlen aus dem gewöhnlichen Zustande herausgetreten, so dauert der anfängliche Eindruck nach Wegfall der äusseren Ursache noch eine Zeit lang fort, natürlich mit abnehmender Intensität, bis der normale Zustand wieder erreicht ist. Hiermit tritt jedoch noch keineswegs Ruhe ein, sondern der betreffende Theil der Netzhaut geht nun in den entgegengesetzten Zustand über, wobei dann das complementäre Nachbild zum Vorschein kommt. Alsdann nimmt dieser letztere Zustand wieder ab, um dem anfänglichen Platz zu machen, etc., so dass der afficirte Theil der Netzhaut durch eine Reihe solcher Schwingungen in den Zustand der Ruhe zurückkehrt. Nach Fechner wird die Netzhaut an den Stellen, wo sie eine Zeit lang einen gewissen Farbeneindruck erfahren oder eine gewisse Farbenreaction geäussert hat, für einige Zeit nachher unfähiger, auf das Ursächliche dieser Farben zu reagiren, dagegen desto fähiger, diejenige Farbenreaction zu äussern, hinsichtlich deren sie unthätig war und ausgeruht hat, sei übrigens das Ursächliche, was das Auge zur Farbe anregen will, in oder ausser dem Auge. Die erstere Ansicht scheint den Vorzug zu verdienen. — Die negativen Nachbilder hat zuerst Scherffer (1785) daraus

erklärt, dass die Netzhaut, wenn sie durch anhaltendes Wahrnehmen einer bestimmten Farbe für diese abgestumpft ist, bei nun einfallendem, alle Farben in sich vereinigenden, weissen Lichte nicht für die jene Farbe hervorrufenden Strahlen empfänglich sei, sondern nur für die übrigen Farbenstrahlen, welche die betrachtete Farbe zu Weiss ergänzen. — Vergl. Art. Diploskop. Betrachtet man ein helles Object, z. B. eine weisse Scheibe, auf dunklem Grunde, so erscheint in dem geschlossenen Auge ein positives Nachbild; dies Nachbild wird in ein negatives übergehen, wenn von Neuem weisses Licht in das Auge fällt. Blickt man auf eine weisse Lampenglocke und löscht dann die Lampe aus, so dass das Zimmer dunkel ist, so zeigt sich ein positives Nachbild der Glocke.

Nachglühen der Alpen ist eine bei dem Alpenglühen auftretende Erscheinung. W. v. Bezold (Poggend. Annal. Bd. 123. S. 255) spricht sich über das ganze Phänomen auf folgende Weise aus: Die Erscheinung des Alpenglühens beobachtet man am besten an weissen Kalkfelsen oder an schneebedeckten Bergen. Bei einer Höhe der Sonne von etwa 2 Grad fangen die Berge an lebhaft roth zu werden, was sich gegen Sonnenuntergang in einer Weise steigert, die man nicht besser als durch Glühen bezeichnen kann. So wie nun die Sonne mehr und mehr hinabsinkt, steigt der Schatten von unten an den Bergen empor und entzieht bald auch den höchsten Gipfeln das Licht, so dass sie nun alle fast farblos grau und kalt dastehen. Doch schon nach wenigen Minuten fangen sie wieder an etwas heller zu werden und zwar schwach gelblich weiss, bis sie allmälig in einen oft ziemlich lebhaften fleischrothen Ton übergehen. Dies ist das Nachglühen. Es tritt immer gleichzeitig mit dem ersten Purpurlichte der Abenddämmerung auf und ist nur durch dasselbe hervorgebracht. Obwohl wieder Schatten und Licht auf's Entschiedenste an den Bergen auftreten, so sind doch alle Schatten schlecht begrenzt. Die grosse Menge diffusen Lichtes giebt der Beleuchtung etwas Ungewöhnliches, etwas Magisches. Das Verschwinden dieser Beleuchtung geschieht nicht sowohl durch das Emporsteigen von Schatten, wie das erste Mal, sondern vielmehr durch ein allmäliges Abklingen der Farben. Das Fleischroth geht zuerst in einen hellen, dann immer dunklern aschfarbenen Ton über, bis endlich die Nacht hereinbricht und allen Farbenspielen ein Ende macht. Manchmal tritt noch ein zweites, freilich sehr schwaches, doch immerhin unverkennbares Nachglühen ein, welches dem zweiten Purpurlichte der Dämmerung entspricht. Im Chamounithale unterscheidet man am Montblanc die *coloration brillante,* welche von den letzten directen Sonnenstrahlen herrührt, darauf die *teinte cadavèreuse*, dann *la resurrection du Montblanc,* nämlich das Nachglühen, und endlich *l'extinction.* Auch vor Sonnenaufgang findet man die Berge an hellen Morgen zu den entsprechenden Zeiten mit rosenfarbenem, ausserordentlich diffusem Lichte

übergossen. Die rosa und purpurnen Töne sind des Morgens vorherrschend, sparsamer dagegen die feurigen Tinten, das Orange und das Rothe.

Nachhall ist eine von der Reflexion der Schallwellen bedingte Erscheinung, wenn nämlich der Abstand des reflectirenden Hindernisses so gross ist, dass der reflectirte Schall nur theilweis mit dem ursprünglichen zusammentrifft und diesen stört. In grossen Sälen und Kirchen wirkt der Nachhall oft störend. Vergl. Art. Echo.

Nachsommer, vergl. Art. Indianersommer.

Nachtblindheit, s. Art. Hühnerblindheit.

Nachtfernrohr ist ein Kometensucher (s. d. Art.). Ein Vorzug ist das verhältnissmässig grosse Gesichtsfeld.

Nachtfrost bezeichnet eine Temperaturerniedrigung während der Nacht bis unter den Eisschmelzpunkt. Die Bedingungen sind im Wesentlichen dieselben, wie bei der Thaubildung. Am meisten fällt der Nachtfrost auf, wenn er zu einer Zeit eintritt, in welcher die aufkeimende Vegetation darunter leidet. Vergl. Art. Herren, gestrenge.

Nachtsehen oder Tagblindheit, s. Art. Lichtscheue.

Nachtwind oder Abendwind, s. Art. Thalwind.

Nadel, astatische, s. Art. Astatische Nadel.

Nadel, electrische, gehört zu den Electroskopen und besteht aus einem an dem Ende mit kleinen Kugeln, wie Stecknadelknöpfe, versehenen Drahte, der auf einer isolirten Spitze — wie eine Magnetnadel — schwebt. Soll die Nadel nicht isolirt sein, so braucht man nur an dem spitzen Träger einen Ableitungsdraht anzubringen. S. Art. Electroskop.

Nadir ist die arabische, aber gewöhnlich gebrauchte Bezeichnung für den unteren Endpunkt der durch den Mittelpunkt des Horizontes gehenden Verticallinie. Den Gegensatz, also das obere Ende der Verticalen, bildet das Zenith oder der Scheitelpunkt.

Nähepunkt, s. Art. Fernpunkt.

Nagelflue nennt man Geschiebe und Bruchstücke von verschiedenartigen Kalksteinen, oder von Sandsteinen, oder von Grauwacke etc., die durch einen kalkig-sandigen Kitt verbunden sind.

Nase, s. Art. Geruch.

Nasskältemesser ist das Psychrometer von August. S. Art. Hygrometer. 3. S. 479.

Natronglas ist ein wegen seines Natrongehaltes, durch welchen zugleich eine blaugrüne Färbung bedingt wird, leichtflüssiges Glas. Kalk giebt dem Glase mehr Glanz und grössere Härte, macht es aber strengflüssig. S. Art. Flintglas und Glas.

Natterer'scher Apparat ist ein von Natterer in Wien (1844) construirter Apparat zur Compression von Gasen. Der wesentlichste Theil ist eine Compressionspumpe (s. Art. Compressionsmaschine),



die an einem festen Gestelle befestigt ist und deren Kolben durch eine mit einem Schwungrade versehene Kurbel mittelst Pleuelstange bewegt wird. An die Seitenöffnung der Pumpe lässt sich ein Gummischlauch befestigen, durch welchen das zu comprimirende Gas zu- und eingeführt wird. Auf das aufwärtsgerichtete Ende der Pumpe wird eine eiserne, wenigstens 200 Atmosphären Druck aushaltende, Flasche als Recipient aufgeschraubt. Diese Flasche entspricht dem Windbüchsenkolben. Sie hat da, wo sie aufgeschraubt wird, ein sich nach innen öffnendes Ventil und am entgegengesetzten Ende einen Ansatz, der mit einer in das Innere führenden Durchbohrung versehen ist, welche durch eine Schraube gesperrt werden kann, aber ausserdem noch einen in eine feine Spitze ausgehenden Seitenkanal hat, welcher mit dem Innern communicirt, sobald die Schraube zurückgedreht wird. Ausserdem ist der Recipient und der obere Theil der Pumpe von einem abschraubbaren Kupferbehälter umgeben, welcher beim Compriniren mit Eis gefüllt wird, um die hierbei eintretende starke Erhitzung zu beseitigen.

Natterer hat diesen Apparat namentlich zur Darstellung fester Kohlensäure gebraucht. Der leere Recipient wird gewogen, dann an der Pumpe befestigt. Die Kohlensäure wird durch Chlorcalciumröhren geleitet und zur Compressionspumpe geführt; zunächst werden aber erst 20 bis 30 Umdrehungen der Kurbel gemacht bei geöffneter Flasche, um die atmosphärische Luft aus derselben zu entfernen. Hierauf wird der Recipient geschlossen und die Compression beginnt, bis das Gewicht der Flasche um 450 Gramm zugenommen hat, weshalb man von Zeit zu Zeit das Gewicht derselben untersucht. Ist dies erreicht, so ist die Flasche bis zu $^2/_3$ mit flüssiger Kohlensäure gefüllt und sie wird abgenommen. Lässt man einen Strahl flüssiger Kohlensäure aus der Spitze des Recipienten auf ein Spiritusthermometer strömen, so sinkt dasselbe schnell auf -90^0 C. Durch die beim Ausströmen entstehende so bedeutende Kälte wird sogar ein Theil der Kohlensäure fest, es bilden sich schneeähnliche Flocken und der ausströmende Strahl bekommt ein ganz milchiges Aussehen. Um die feste Kohlensäure in grösserer Menge zu sammeln, hat Natterer einen kleinen Blechapparat construirt, in welchen der Strahl einströmt, so dass man dann in dem Innern der Blechbüchse die feste Masse findet. Vergl. Art. Gas und Kältemischung.

Natur bezeichnet theils den Inbegriff aller sinnlich wahrnehmbaren Dinge, also die ganze Körperwelt, theils die Gesammtheit aller Eigenschaften, Kräfte und Beziehungen einer Sache; theils aber auch die erste Ursache aller Dinge.

Naturbegebenheit } oder Phänomen ist jede Veränderung, die
Naturerscheinung } wir mit Hilfe unserer Sinne in dem Zustande der Körper wahrnehmen. Naturbegebenheit bezeichnet insbesondere ein Phänomen, welches in seiner Art grossartig und dem Menschen

gefahrvoll erscheint, z. B. ein Erdbeben. Das Erscheinen eines Kometen galt früher für eine Naturbegebenheit. Die unzählige Menge der Naturerscheinungen theilt man ein in chemische und physikalische. Jene bestehen, z. B. das Verbrennen eines Körpers, in einer inneren, diese, z. B. das Ausspritzen einer Feder, in einer äusseren Veränderung. Die innere Veränderung erkennt man an dem Anderswerden des Stoffes der Körper, die äussere Veränderung an dem Anderswerden der verschiedensten anderen Verhältnisse der Körper, sofern nur der Stoff dabei ungeändert bleibt. Vergl. Art. Beobachten.

Naturgeschichte ist derjenige Zweig der Naturwissenschaft (s. d. Art.), welcher sich mit dem Unveränderlichen an den Körpern, mit ihren Merkmalen, beschäftigt, und dadurch die Körper von einander unterscheiden lehrt. Bekanntlich unterscheidet man die Körper in organische und in unorganische. Die letzteren sind die Mineralien; die ersteren zerfallen wieder in Pflanzen und Thiere. Hiernach zerfällt die Naturgeschichte in drei Abtheilungen: Mineralogie, Botanik und Zoologie. Die Naturlehre (s. d. Art.) kümmert sich nicht um diesen Unterschied, sondern hat es mit allen Körpern zu thun.

Naturgesetz, s. Art. Gesetz.

Naturkunde, s. Art. Naturwissenschaft.

Naturlehre oder Physik im Allgemeinen sucht die Aufgabe zu lösen, die Gesetze und die Ursachen der Naturerscheinungen anzugeben. Naturlehre und Naturgeschichte zusammen bilden den Inhalt der Naturwissenschaft. Die Naturlehre zerfällt wieder in zwei Zweige, nämlich in die Chemie und in die Physik im engeren Sinne oder Physik schlechthin, da es zwei Arten von Naturerscheinungen (s. d. Art.) giebt. In das Gebiet der Chemie gehören die chemischen und in das der Physik die physikalischen Naturerscheinungen. Vergl. Art. Beobachten und Materie.

Naturmass würde ein Mass sein, welches sich in derselben Grösse wieder anfertigen liesse, falls alle Normalmasse verloren gehen sollten. Man hat sich bemüht ein Naturlängenmass herzustellen und dabei die Erde selbst als Einheit zu Grunde gelegt; aber trotz aller Anstrengung ist ein solches doch nicht gewonnen worden. Ausführlicher handelt hierüber Art. Längenmass.

Naturphilosophie. Muncke sagt (Gehlers physik. Wörterb. 2. Aufl. Bd. 7. S. 504) hierüber Folgendes: In den neueren Zeiten hat man sich häufig des Ausdrucks Naturphilosophie bedient, ohne dass bis jetzt noch durch irgend Jemand deutlich und bestimmt nachgewiesen ist, was hierunter eigentlich zu verstehen sei. Die philosophischen Systeme der Alten bezogen sich ausschliesslich oder vorzugsweise auf die Erklärung der Natur, ihrer Erscheinungen und Gesetze, ohne dass dies jedoch durch einen besonderen Ausdruck bezeichnet wurde. Vorzüglich stammt die Bezeichnung Naturphilosophie (*philosophia natura-*

lis) wohl von Newton her, wurde seitdem ein in vielen Schriften häufig vorkommender Ausdruck und ist im Englischen als *natural philosophy* ausschliesslich beibehalten worden. In Deutschland kennt man denselben als vorzügliches Eigenthum der Schelling'schen Schule, deren Gründer jedoch ungleich mehr darunter begriff, als bis dahin geschehen war, nämlich die ganze Summe alles aus einem einzigen höchsten Grundsatze abgeleiteten Wissens und Erkennens oder vielmehr die geistige Operation dieses Ableitens selbst. Da jedoch die Erfahrung vieler Jahre gegenwärtig zu der sichern Ueberzeugung geführt hat, dass die ächte Naturforschung durch die Anhänger jener sogenannten Naturphilosophie eher zurückgehalten als gefördert worden ist, so scheint es am zweckmässigsten, vom jenem Missbrauche zurückzukommen und die ursprüngliche Bedeutung des Wortes wieder herzustellen. Philosophie oder philosophische Behandlung irgend eines Zweiges der menschlichen Kenntnisse findet dem allgemeinen Sprachgebrauche nach nur dann statt, wenn die Einzelnheiten nach ihrem innern Zusammenhange hauptsächlich als Ursachen und Folgen verbunden und wissenschaftlich zusammengestellt werden. Hiernach kann also die Philosophie oder die Philosophie der Natur oder die Naturphilosophie nur darin bestehen, dass man die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Erfahrungen systematisch ordnet und zur wissenschaftlichen Begründung der Naturgesetze benutzt, wie dies namentlich durch Newton geschehen ist; jedes Andere, was man unter diesem Namen in die Wissenschaft unterzuschieben mehrmals versucht hat, kann nur als ein unächtes und nachtheiliges Product des irregeleiteten Verstandes betrachtet werden.

Naturwissenschaft oder Naturkunde erstreckt sich auf die Erkenntniss alles dessen, was in der Körperwelt wahrgenommen wird. Sie zerfällt in Naturgeschichte und in Naturlehre, von denen jene sich mit dem Unveränderlichen, diese mit dem Veränderlichen an den Körpern beschäftigt (s. diese Art.).

Nebel heissen im Allgemeinen alle unmittelbar an der Erdoberfläche vorfallenden Verdichtungen der atmosphärischen Luft, durch welche diese mehr oder weniger undurchsichtig wird. Es sind diese Nebel theils feuchte, theils trockene Nebel. Planetarische Nebel gehören zu den Nebelflecken.

A. Die feuchten Nebel finden sich in der feuchten Luft, wenn durch eine eintretende Temperaturerniedrigung diese nicht mehr im Stande ist, die in ihr enthaltene Menge des luftförmigen Wassers im luftförmigen Aggregatzustande zu erhalten, d. h. wenn das der eintretenden Temperatur entsprechende Maximum der Expansivkraft überschritten wird. Ein bestimmter Raum kann nämlich bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Dampf höchstens aufnehmen, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur ist; hat also die Luft die ihrer Temperatur entsprechende Menge Wasserdampf aufgenommen und tritt

eine Temperaturerniedrigung ein, so muss das Zuviel in tropfbarflüssiger Gestalt sich niederschlagen (s. Art. Dampf, Hygrometer. 2 und Hygrometrie). Im Kleinen sieht man den Vorgang an dem aus einem, kochendes Wasser enthaltenden, Topfe aufsteigenden Brodem oder Schwaden. Die feuchten Nebel sind gewissermassen Schwaden in grossem Massstabe. Je näher die Luft ihrem Sättigungspunkte ist, desto dichter muss ein Nebel werden, wenn noch mehr Dampf in dieselbe tritt. Auf diese Art bildet sich die Nebelwolke über der Locomotive, wenn der im Cylinder verbrauchte Dampf in die Luft entweicht, und dieselbe Entstehung haben die Nebel, welche sich über dem Meere, über Seen, Flüssen und Bächen, überhaupt über feuchtem Boden bilden, wenn die Temperatur der Luft niedriger ist, als die des Wassers. Es kommt hierbei indessen auch noch darauf an, ob die Luft sich in Ruhe befindet oder stark bewegt wird; denn führt die Bewegung in der Luft die aufsteigenden Dämpfe fort und neue noch nicht gesättigte Luft zu, so kann kein Nebel entstehen. Die Häufigkeit der Nebel in England, welches von einem warmen Meere umspült wird, erklärt sich aus dem Vorstehenden, ebenso ergeben sich die Nebel bei den Azoren und über dem Golfstrome. Man beobachtet indessen auch Nebel, wenn die Luft wärmer ist, als das darunter befindliche Wasser oder überhaupt der Wasserdämpfe entsendende Boden. Auch hier beruht die Nebelbildung auf denselben Principien. Ist nämlich die wärmere Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, so muss sich der in ihr enthaltene Wasserdampf verdichten, sobald sie durch die niedere Temperatur der darunter befindlichen Oberfläche abgekühlt wird oder vielmehr sich mit den Luftschichten mischt, welche durch die Berührung mit der kalten Oberfläche eine niedrigere Temperatur haben. Im Allgemeinen wird durch die Vermischung jeder zwei mit Feuchtigkeit gesättigter und verschieden erwärmter Luftmassen Nebel erzeugt, wenn die mittlere Temperatur, welche sich aus jener Mischung ergiebt, ein Maximum der Expansivkraft besitzt, welches kleiner ist, als das Mittel aus denjenigen der gemischten Luftmassen. Auf solche Weise entstehen die Nebel während eines Thauwetters; desgleichen über Eisflächen, ebenso im Frühlinge und Sommer nach Gewitterregen über Flüssen und Seen, und endlich mitten im Lande durch Vermischung verschieden warmer Luftmassen, von denen die wärmere viel Feuchtigkeit enthält. Auf die letztere Art entstehen Nebel auch in höheren Regionen und heissen dann Wolken. Wolken sind also nichts Anderes als über der Erde schwebende Nebel, oder Nebel nichts Anderes als auf der Erde ruhende Wolken. Wie solche Mischungen verschieden warmer Luftschichten möglich sind, das zeigen bei der Wolkenbildung die verschiedenen Luftströmungen, die Winde. Ebenso zeigen dies die localen Nebel auf kleinen Binnengewässern, indem sich die über dem Boden stärker erkältete, also schwerere Luft von dem erhöhten Ufer herabsenkt und sich mit den wärmeren Schichten

über dem Wasserspiegel mischt. Aehnlich ist es mit dem Frostnebel der Polarmeere. Vergl. auch Art. Eisnebel und Nordpolarnebel.

Der Nebel besteht nicht aus dichten Wasserkugeln wie der Thau, sondern aus Dampfbläschen (s. d. Art.). Thau und Nebel entstehen auch auf verschiedene Weise. Das Wasser der Thautröpfchen, wenigstens der auf ganz trockene Gegenstände gefallenen, rührt aus der Luft allein her, das Wasser der Nebelbläschen von der Erdoberfläche, wo der Nebel wie der Thau durch die der nächtlichen Ausstrahlung folgende Erkaltung entstanden ist. Beim Thauen muss dann der Boden kälter sein als die Luft; beim Nebeln die Luft kälter als der Boden. Der Thau fällt ungleichmässig auf verschiedene Stoffe an der Erdoberfläche; der Nebel trifft alle gleichmässig. Die erste Nebelbildung hebt die Wärmeausstrahlung des Bodens auf und somit auch die Bedingung der Thaubildung.

Enthält die Luft schon viel Feuchtigkeit, so kann die Nebelschicht eine bedeutende Höhe erreichen; wirkt dann die Sonne ein, so wird, da die Luft ihre Wärme von der erwärmten Erdoberfläche erhält, die untere Schicht zunächst nebelfrei, während oberhalb der Nebel bleibt. Man sagt dann, der Nebel steige, und ein trüber Tag ist die Folge. Ist die Nebelschicht nicht bedeutend, weil die Luft von dem Sättigungspunkte weit entfernt ist, so steigert sich bei Einwirkung der Sonne die Temperatur der unteren Schicht immer mehr; die Luft wird fähig mehr Dampf aufzunehmen und der Nebel kann ganz verschwinden, wobei er in verticaler Richtung immer durchsichtiger wird. Man sagt dann, der Nebel falle, und schliesst auf einen heiteren Tag.

Nebel sind stets stark positiv electrisch, in der kälteren Jahreszeit stärker als in der wärmeren, d. h. wohl um so stärker, je dichter sie sind. — Das Nebelwasser enthält gewöhnlich Ammoniak.

Nennt man einen Tag, an welchem ein Nebel erscheint, einen Nebeltag und stellt diese zusammen, so ergiebt sich, dass die Anzahl derselben an demselben Orte in verschiedenen Jahren sich ziemlich gleich bleibt; aber die Zahl ist nicht an allen Orten gleich; auch sind die Nebeltage nicht gleichförmig über das ganze Jahr vertheilt.

Wegen der Schattenbilder auf Nebeln s. Art. Brockengespenst. Dass man Gegenstände von bekannter Grösse im Nebel oft für riesenmässig gross hält, beruht auf einer Täuschung, die dadurch veranlasst wird, dass man den Gegenstand unbewusst so weit fortrückt, als er stehen müsste, um bei heiterer Luft ebenso undeutlich zu erscheinen, wie im Nebel; dabei bleibt aber der Sehwinkel so gross, wie die kleinere Entfernung bedingt. Rothes Glas soll die Gegenstände durch die Nebel sichtbarer machen.

B. Die trockenen Nebel bestehen aus Rauch und anderen in Dampfform oder als Staub in die Luft emporgestiegenen oder geführten Substanzen. Vergl. Art. Haarrauch und Passatstaub.

Nebelbilder sind mit der Zauberlaterne (s. d. Art.) erzeugte Bilder, welche der Reihe nach so auf einander folgen, dass das vorhergehende immer wie in einen Nebel gehüllt verschwindet, aus welchem dann das folgende sich wieder klar und deutlich entwickelt. Es gehören zur Erzeugung solcher Bilder zwei Zauberlaternen, welche ihre Bilder auf dieselbe Stelle der Wand werfen. Giebt eine der Laternen ein klares Bild, so bringt man das Object aus seiner richtigen Einstellung, so dass das Bild undeutlich wird; gleichzeitig setzt man das folgende Object in die zweite Laterne, so dass das Bild noch undeutlich ist. Verschiebt man nun das erste Object immer mehr aus seiner richtigen Einstellung und bringt das zweite immer mehr in dieselbe, so geht ein Bild in das andere über.

Nebelbläschen s. Art. Nebel und Dampfbläschen. Der Nebel besteht nicht aus dichten Wasserkugeln, sondern aus mit Dampf gefüllten Bläschen.

Nebelflecke heissen die am nächtlichen Himmel sichtbaren, kleineren lichten Stellen, welche meistens aus einer grossen Anzahl, wohl in der Mehrzahl nur scheinbar bei einander stehender Fixsterne bestehen, die aber wegen ihrer zu grossen Entfernung mit blossen Augen nicht mehr als einzelne Sterne unterschieden werden können, sondern zusammen eine lichte, matte Wolke bilden. Betrachtet man einen Nebelfleck mit einem stark vergrössernden Fernrohre, so gelingt es bei vielen, den Nebel in eine Unzahl von einzelnen Sternen aufzulösen, und da mit der Vervollkommnung der Fernröhre viele Nebelflecke aufgelöst worden sind, welche man früher als unauflösbar ansah, so ist man wohl berechtigt, analog zu schliessen und alle Nebelflecke für auflösbar zu halten. Der Unterschied zwischen Nebeln und Sternhaufen wird für die Zukunft aufzugeben sein. Was Herschel d. ä. planetarische Nebel nannte, sind ebenfalls Nebelflecke, da mehrere in Sterngruppen aufgelöst sind. Nebelsterne hingegen scheinen wirkliche Sterne mit einem zu denselben in Beziehung stehenden milchigen Nebel zu sein, der vielleicht selbstleuchtend ist; oder es steht vielleicht auch der Stern nur vor dem Nebel und projicirt sich auf diesen. Vergl. Art. Milchstrasse.

Nebelkrystalle sind die Eisstäubchen, welche den Eisnebel (s. d. Art.) bilden.

Nebelkügelchen, s. Art. Nebelbläschen.

Nebeltag, s. Art. Nebel.

Nebenaxe oder Queraxe, s. Art. Hauptaxe.

Nebenbewohner oder Nebenwohner (Periöci) heissen diejenigen Menschen in Bezug auf einander, welche auf demselben Breitenkreise, aber um 180° auseinander wohnen. Sie haben dieselben Jahreszeiten; ihre Tageszeiten sind aber um 12 Stunden verschieden.

Nebendurchgang, s. Art. Krystallographie. D.

Nebenkanten, s. Art. Krystallographie. A.

Nebenlast heisst bei einer Maschine die Last, welche auf Rech-

nung der unvermeidlichen Hindernisse kommt, während die Last, deren Bewältigung beabsichtigt wird, die Nutzlast heisst.

Nebenmond ist eine Erscheinung, welche sich an dem Monde zeigt, wenn sich um denselben grosse Höfe (s. Art. Hof. B.) bilden, indem sich dann zu beiden Seiten des Mondes auf einem den Mond umgebenden Kreise hellere Stellen zeigen.

Nebenplanet oder Trabant oder Satellit bezeichnet einen Himmelskörper, welcher einen Planeten (s. d. Art.) begleitet und um diesen seine Bahn beschreibt; also dasselbe, was man sonst Mond nennt.

Nebenregenbogen heisst der Regenbogen, welcher häufig bei der Bildung eines Regenbogens diesen aussen concentrisch umschliesst. Er unterscheidet sich von dem Hauptregenbogen nicht nur durch seine Lage, sondern auch durch mattere Färbung, hauptsächlich aber dadurch, dass die Farben in umgekehrter Ordnung liegen, nämlich bei dem Hauptregenbogen aussen Roth, innen Violett, bei dem Nebenregenbogen hingegen innen Roth und aussen Violett. Bisweilen tritt noch ein zweiter Nebenregenbogen auf. Vergl. Art. Regenbogen.

Nebensonne ist dieselbe Erscheinung an der Sonne, wie der Nebenmond (s. d. Art.) an dem Monde.

Nebenstellen nannte Scheibler diejenigen Stellen auf einer Saite, bei deren Unterstützung durch einen Steg die Saite mit einem erregten Tone gleichviel Stösse (s. Art. Battements) giebt. Setzt man z. B. unter eine Saite einen Steg so, dass sie mit einer Stimmgabel vom Tone *a*, welchem 216 Schwingungen zukommen, 4 Stösse in einer Secunde macht, so giebt die Saite entweder 220 oder 212 Schwingungen und es findet sich daher in der Nähe der Stellung des Steges noch eine Stelle, an welche der Steg gebracht werden kann und bei welcher Stellung dann die Saite wieder 4 Stösse mit dem Tone der Stimmgabel giebt. Diese beiden Stellen des Stegs sind Nebenstellen.

Nebenstrom, s. Art. Inductionsstrom.

Nebenton heisst jeder Ton, der oft neben dem eigentlichen Hauptton zum Ohre gelangt und sich durch grössere Höhe kenntlich macht. Es können Nebentöne entstehen, sobald entweder die erzeugten Oscillationen andere Körper in Bewegung setzen, die zu Schwingungen geneigt sind, deren Zahlen zu denen der Hauptschwingungen in einfachen Verhältnissen stehen, oder wenn die tönenden Körper selbst durch den erhaltenen Impuls ausser den Hauptabtheilungen noch in Unterabtheilungen getheilt und gleichzeitig in vernehmbare Schwingungen versetzt werden. Zu letzterer Art gehören die Flageolettöne (s. d. Art.).

Nebenwohner, s. Art. Nebenbewohner.

Neef'scher Apparat oder **Hammer**, s. Art. Hammer, Neef'scher.

Negativ, s. die betreffenden näheren Bestimmungen, z. B. Bild, Electricität etc. — Ein Negativ bedeutet geradezu ein negatives photographisches Bild. S. Art. Photographie.

Neigung der Magnetnadel oder Inclination der Magnetnadel heisst der Winkel, welchen eine Magnetnadel, die sich in der Ebene des magnetischen Meridians frei um ihren, vor dem Magnetisiren bestimmten, Schwerpunkt bewegen kann, mit dem Horizonte macht. Zur Messung dieses Winkels dient das Inclinatorium (s. d. Art.).

Die Erscheinung ist näher folgende. Wenn man bei der Anfertigung einer Magnetnadel vor dem Magnetisiren den Schwerpunkt genau ermittelt und in diesem den Stützpunkt anbringt, so bleibt die Nadel nach dem Magnetisiren nicht mehr in jeder Lage schweben, sondern neigt sich in unseren Gegenden mit dem Nordpole gegen den Horizont, als ob dies Ende schwerer geworden wäre. Richtet man die Nadel so ein, dass sie sich um eine horizontale Axe in einer verticalen Ebene, ähnlich einem Waagebalken, bewegen kann, so ist der Winkel, welchen die Axe der Nadel mit dem Horizonte bildet, verschieden, je nach der Lage der Verticalebene, in welcher die Nadel sich bewegt. Am kleinsten ist der Winkel, wenn die verticale Drehungsebene der Nadel mit der magnetischen Meridianebene zusammenfällt; die Nadel steht hingegen lothrecht, wenn die verticale Drehungsebene senkrecht zum magnetischen Meridiane steht. Den kleinsten unter allen Winkeln, welche die Nadel mit dem Horizonte bildet, nennt man den Neigungs- oder Inclinationswinkel, die Erscheinung selbst die Neigung oder Inclination der Magetnadel.

Die Inclination ist an verschiedenen Orten verschieden und ebenso an demselben Orte veränderlich, jedoch sind die Veränderungen (Variationen) nicht so bedeutend wie bei der Declination der Magnetnadel (s. d. Art.). In Paris hatte die Inclination von 1671 bis 1853 folgende Werthe:

1671	75° 0′	1825	68° 0′
1780	71 48	1830	67 41
1806	69 12	1835	67 24
1814	68 36	1841	67 9
1820	68 20	1853	66 28

Wir sehen hier eine fortwährende Abnahme; an manchen Orten hat man aber bereits beobachtet, dass die Abnahme wieder in Zunahme überging, z. B. zwischen 1820 und 1830 am Vorgebirge der guten Hoffnung, zwischen 1810 und 1820 auf Otahaiti, zwischen 1780 und 1790 auf Manila. In Berlin beträgt die Inclination jetzt ungefähr 67°. Die Inclination zeigt also eine wohl Jahrhunderte umfassende (eine säculare) Variation an jedem Orte. Ausserdem hat man aber auch im Verlauf eines Jahres, sogar eines Tages Schwankungen wahrgenommen und unterscheidet daher noch jährliche und tägliche Variationen der Inclination. Ein Gesetz für die jährlichen Inclinations-Variationen besitzen wir freilich noch nicht und ebendasselbe gilt von den täglichen, die überhaupt erst seit 1722 entdeckt worden sind. Im Allgemeinen zeigen sich die Variationen während der Nacht unbedeutend, im Sommer

grösser als im Winter. Das Maximum der jährlichen Inclination scheint mit der mittleren Wärme im Frühjahre, und das Minimum mit der mittleren Wärme im Herbste zusammenzufallen.

Verbindet man auf einem Erdglobus die aneinander liegenden Orte, welche zu gleicher Zeit gleiche Inclination haben, so erhält man die sogenannten isoclinischen Linien. Karten, auf welchen die isoclinischen Linien verzeichnet sind, nennt man Inclinationskarten. Die Linie, welche die Orte ohne Inclination verbindet, heisst der magnetische Aequator. Dieser schneidet zur Zeit den Erdäquator unweit der Westküste Afrikas in dem Busen von Guinea, geht dann auf der südlichen Halbkugel durch den atlantischen Ocean und durch Südamerika, wo er die grösste südliche, noch nicht 20° betragende Breite erreicht, nähert sich hierauf im stillen Oceane immermehr dem Aequator, schneidet ihn etwa in der Mitte desselben, und durch Hinter- und Vorderindien gehend wendet er sich von dem Eingange in das rothe Meer, wo er seine grösste nördliche Breite erreicht, wieder dem obigen Ausgangspunkte zu. — Nördlich von dem magnetischen Aequator neigt sich die Inclinationsnadel mit ihrem Nordpole, südlich mit ihrem Südpole gegen den Horizont, und zwar im Allgemeinen um so mehr, je mehr man sich von dem magnetischen Aequator entfernt. Eine Inclination von 90° zeigt sich an einer Stelle im Norden Amerikas und an einer zweiten im südlichen Eismeere im Süden von Neuholland.

Näheres über den Zusammenhang der Inclination mit der Declination und Intensität s. im Art. Magnetismus der Erde.

Entdeckt ist die Inclination 1543 von Georg Hartmann in Nürnberg und dann wohl zum zweiten Male selbständig von dem Engländer Robert Norman, der 1576 das erste Inclinatorium construirt hat.

Neigungsnadel, s. Art. Inclinatorium.

Neigungswinkel oder Inclinationswinkel der Magnetnadel, s. Art. Neigung.

Neigungswinkel zweier Ebenen, s. Art. Kantenwinkel.

Nephische Windrosen stellen den Zusammenhang zwischen dem Wechsel von Regen und Trockenheit und der Winddrehung dar. S. Art. Regen.

Neumann'sches Gesetz heisst das von Neumann (Poggend. Annal. Bd. 23. S. 31) aufgestellte, nach welchem bei analog zusammengesetzten Verbindungen das Product der specifischen Wärme mit dem Aequivalentgewichte constant sein soll. Nach Pape (Poggend. Annal. Bd. 120. S. 337 u. 579) wächst das Product mit dem Wassergehalte in der Weise, dass einer Vermehrung desselben um ein Aequivalent eine gleiche Zunahme des Productes entspricht.

Nervenhaut des Auges oder Netzhaut (*retina*), s. Artikel Auge.

Nervenstrom nennt man den in den Nerven eines lebenden Thieres auftretenden electrischen Strom. Es wirken nämlich die Nerven, so lange sie tauglich sind, Muskelcontractionen zu erregen oder empfangene Eindrücke fortzupflanzen, wie eine geschlossene Kette und erzeugen quer durchgeschnitten zur Oberfläche oder zum Längsschnitte einen Strom, welcher demselben Gesetze wie der Muskelstrom (s. d. Art.) folgt, der also von der Oberfläche oder von dem Längsschnitte zum Querschnitte geht. Vergl. Art. Thierische Electricität.

Netzhaut oder Nervenhaut des Auges (*retina*) s. Art. Auge.

Netzhautbildchen heisst das Bild, welches von den gesehenen Gegenständen in einem Auge auf der Netzhaut durch das von denselben ausgehende Licht erzeugt wird. Es ist im Vergleich zu dem Gegenstande verkleinert und umgekehrt und entsteht im Allgemeinen dadurch, dass die wässerige Feuchtigkeit und die Krystalllinse wie ein System zweier unmittelbar an einander liegenden Sammellinsen wirken.

Netzhautpunkte } identische oder zugeordnete nennt man
Netzhautstellen } diejenigen Stellen der Netzhaut in beiden Augen, auf welche die Netzhautbildchen eines Gegenstandes treffen müssen, wenn man den Gegenstand mit beiden Augen einfach sehen soll. Es gelten im Allgemeinen die Punkte als identisch, welche in dem einen Auge auf der inneren, im anderen auf der äusseren Hälfte symmetrisch zur Augenaxe liegen. Vergl. indessen Art. Doppeltsehen.

Neutral wird in der Physik häufig in dem Sinne gebraucht, in welchem man sonst indifferent (s. d. Art.) sagt.

Nevé-Region heisst die muldenförmige Vertiefung, welche als Geburtsstätte der Gletscher angesehen wird. *Nevé* gleich Firn.

Newman'sches oder Hydrooxygengas-Gebläse, s. Art. Knallgasgebläse.

Newton's Farbenringe, s. Art. Farbenringe. C.

Nicholson's Aräometer gehört zu den Gewichtsaräometern, s. Art. Aräometer. A.

Nichtleiter, s. Art. Isolator.

Nicol, s. Art. Nicol'sches Prisma.

Nicolasfeuer, s. Art. Elmsfeuer.

Nicol'sches Prisma oder ein Nicol ist ein von Nicol aus Doppelspath construirtes Prisma, um von den beiden Strahlen, in welche ein auf den Doppelspath fallender Lichtstrahl gespalten wird (s. Art. Brechung. A. II.), nur den einen zu erhalten und durchzulassen. Da dieser durchgegangene Strahl polarisirt ist, so sind dergleichen Prismen bei Polarisationsversuchen sehr bequem. Um den angegebenen Zweck zu erreichen, wird ein natürliches Doppelspathrhomboeder, dessen Spaltflächen mit den Seitenflächen einen Winkel von über 70° bilden, so abgeschliffen, dass dieser Winkel nur noch 68° beträgt. Hierauf wird das Rhomboeder senkrecht mit dem Hauptschnitte des Krystalles und

rechtwinkelig mit den neuen Endflächen durchschnitten, und die wohlpolirten Flächen werden dann mit Canadabalsam wieder zusammengeklebt. Die 4 langen Seiten schleift man entweder matt oder überzieht sie mit schwarzer Farbe, um die Spiegelung an ihnen aufzuheben. Da der Canadabalsam ein Brechungsverhältniss besitzt, welches zwischen dem des ordinären und extraordinären Strahles des Doppelspathes liegt. so erleidet, wenn ein Lichtstrahl auf ein solches Prisma fällt, der ordinäre Strahl auf der Balsamschicht eine totale Reflexion (s. Art. Brechung. A. I.) und nur der extraordinäre geht hindurch.

Dove hat (1864) ein neues polarisirendes Prisma angegeben, welches durch seine grosse Lichtstärke sich auszeichnet. Es ist ein gleichschenkeliges rechtwinkeliges Prisma von Kalkspath, die eine Kathetenfläche senkrecht, die andere parallel der optischen Axe, die Hypotenusenfläche daher 45° gegen diese geneigt. Diese Hypotenusenfläche liegt in der Axe des Dove'schen Polarisationsapparates an der Stelle des sonst dort befindlichen Nicols.

Niederdruck nennt man eine Spannung, welche nur einen geringen Ueberdruck über die äussere Luft (s. Art. Atmosphärendruck) hat. Den Gegensatz bildet der Hochdruck (s. d. Art.).

Niederdruckkessel, s. Art. Dampfkessel.

Niederdruckturbine, s. Art. Hochdruckturbine.

Niederschlag des Wasserdampfes in der Atmosphäre, s. Art. Hygrometrie, ausserdem die Art. Regen, Schnee, Thau. Vergl. überdies Art. Präcipitat.

Niederschlagung oder Fällung, s. Art. Präcipitation.

Nimbus nennt man die eigentliche Regenwolke oder den Cirrocumulostratus nach Luke-Howard. Sie entsteht meist aus dem Cumulostratus, zeigt sich als dunkle Wolkenmasse, mehr oder weniger ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so dass man nicht mehr im Stande ist, die einzelnen Theile zu erkennen, und entsendet Regen nach unten. Dove will unter Nimbus die nebelartige Trübung verstanden wissen, welche besonders im Spätherbste entsteht.

Nippfluth nennt man im Gegensatze zu den Springfluthen, welche sich durch ihre Höhe auszeichnen und zur Zeit des Vollmondes und Neumondes eintreten, die niedrigsten, auf die Mondviertel fallenden Fluthen. Vergl. Art. Ebbe.

Niveau bezeichnet die ruhige Oberfläche einer Flüssigkeit, z. B. das Niveau des Quecksilbers im Barometer. Niveau des Meeres ist der Meeresspiegel. Zwei Punkte liegen in gleichem Niveau, wenn sie gleiche Erhebung über dem Meeresspiegel haben. Ausserdem bezeichnet man oft als Niveau das Instrument zum Nivelliren (s. d. Art.).

Nivelliren heisst das Höhenverhältniss nicht weit von einander entfernter Punkte mittelst der sogenannten Nivellirinstrumente bestimmen. — Die Nivellirinstrumente sind dreifacher Art. Sie be-

ruhen entweder auf der Anwendung des Pendels, da dies senkrecht zur Horizontalen steht, oder auf dem Stande einer Flüssigkeit in communicirenden Gefässen, da in solchen die Oberflächen, wenn sie mit einer und derselben Flüssigkeit gefüllt sind, in derselben Horizontalen liegen, oder auf der Horizontalität einer einzigen Flüssigkeitsoberfläche und hier noch besonders darauf, dass in einem mit Flüssigkeit fast ganz gefüllten Gefässe der noch mit Luft gefüllte Theil stets die höchste Stelle einnimmt.

1) Auf dem Pendel beruht die Setzwaage (s. d. Art.). Dieser bedient man sich unmittelbar, wenn es sich darum handelt, eine kleinere Fläche oder Strecke horizontal zu stellen; ist die Entfernung aber grösser, so gehört noch das Richtscheit dazu.

2) Auf dem Stande einer Flüssigkeit in communicirenden Gefässen beruht die Canalwaage. Es ist dies eine 2 bis 3 Fuss lange, 1 bis 2 Zoll weite, an beiden Enden unter rechten Winkeln umgebogene blecherne Röhre, in deren Mitte eine conische Hülse angelöthet ist, um dieselbe auf ein Zapfenstativ aufsetzen zu können; an den beiden Enden sind hohle gläserne Cylinder eingekittet oder wasserdicht angeschraubt. Soll mit diesem Instrumente invellirt werden, so stellt man es auf ein Zapfenstativ, füllt es soweit mit Wasser, dass die beiden Oberflächen in den Glascylindern liegen und visirt nun über die beiden Oberflächen. Alle Punkte, welche in der Visirlinie liegen, befinden sich mit den beiden Oberflächen des Wassers in derselben Horizontalen. Um das Visiren bequemer und sicherer zu machen, bringt man wohl noch auf den Glascylindern verschiebbare Diopterflügel an, von denen jeder eine horizontale Ocularspalte und einen horizontalen Objectivfaden hat. Ein Hauptvorzug dieses Instrumentes ist, dass keine Rectification desselben nöthig ist, da die Oberflächen des Wassers in den Glascylindern in derselben Horizontalen liegen, wenn auch die Röhre nicht horizontal ist. Die zu erreichende Genauigkeit beträgt $^1/_{2000}$ bis $^1/_{1000}$.

Eine Abänderung der Canalwaage besteht darin, dass man schwimmende Diopter anbringt. De la Hire liess die Diopter auf Wasserflächen schwimmen; besser aber ist es nach Keith's Vorgange, statt der Blechröhre ein hölzernes Gefäss zu nehmen, durch dasselbe ein Holzrohr zu führen und in den cylindrischen oder cubischen, sich rechtwinkelig anschliessenden Erweiterungen an den Enden dieses Rohres auf cylindrischen oder cubischen Körpern stehende Diopter schwimmen zu lassen, nachdem man das Rohr und die Erweiterungen mit Quecksilber gefüllt hat. Die Diopter haben indessen nicht leicht beim Schwimmen gleiche Höhe.

3) Auf der Horizontalität einer einzigen Flüssigkeitsoberfläche beruhen die Libellen oder Wasserwaagen mit Luftblase (s. Art. Libelle). Man bringt die Libellen häufig mit Diopteru oder mit einem Fernrohre in Verbindung (s. Art. Nivellirdiopter).

Ueber die Nivellirlatten, welche ausser den Nivellirinstrumenten beim Nivelliren noch gebraucht werden, s. Art. Nivellirlatte.

Nivellirdiopter heisst ein Nivellirinstrument, welches aus einer mit Diopten versehenen Libelle besteht. Ein Diopterlineal (s. Art. Boussole) von 2 bis $2^1/_2$ Fuss Länge mit senkrecht auf demselben stehenden, etwa 2 Zoll hohen Dioptern, von denen jedes eine horizontale Ocularspalte und einen horizontalen Objectivfaden hat, trägt in seiner Mitte eine etwa 8 Zoll lange Röhrenlibelle in der Richtung des Lineals und an dem einen Ende der Libelle noch eine kleinere von etwa 2 Zoll Länge, welche senkrecht zur Längsrichtung des Lineals angebracht ist. Das Diopterlineal hat auf seiner Unterseite einen einarmigen Hebel, an dessen Mitte die Vorrichtung zum Aufsetzen auf ein Zapfenstativ angebracht ist, und durch dessen Ende eine Schraube geht, auf welcher das Lineal ruht. Mittelst dieser Schraube kann das Lineal horizontal gestellt werden, wozu die lange Libelle als Erkennungsmittel dient. Die kleine Libelle wird zur horizontalen Einstellung der Diopter benutzt, was mittelst einer Schraubenvorrichtung an dem Ansatze geschieht, durch welchen das Instrument auf das Stativ aufgesetzt ist.

Nivellirinstrument mit Fernrohr ist ein etwa 9 Zoll langes terrestrisches Fernrohr mit einem Fadenkreuze, welches auf einem Zapfenstative innerhalb zweier Ringe liegt, welche an einer Platte angebracht sind, etwa so wie die Diopter bei dem Nivellirdiopter. Diese Ringe tragen oberhalb eine Röhrenlibelle, welche bei horizontaler Richtung der Fernrohraxe genau einsteht. Die Einstellung ist ähnlich der des Nivellirdiopters.

Nivellirlatte ist eine $1^1/_2$ bis 2 Zoll breite, höchstens 12 Fuss lange, hölzerne Stange, welche von Zoll zu Zoll, oder auch in Achtelzolle oder Zehntelzolle eingetheilt ist. An den Enden ist die Stange gewöhnlich mit Messing oder Eisen beschlagen, um das Abnutzen derselben zu verhindern. Zu dieser Latte gehört nun noch eine Zieltafel oder Zielscheibe, um den anvisirten Punkt der Visirlatte genau bestimmen zu können. Es ist dies eine 12'' breite und 8 bis 9'' hohe Tafel von Eisenblech oder Holz, die auf ihrer Rückseite mit einer Hülse versehen ist, durch welche die Latte geschoben wird. Die Vorderseite ist entweder in 4 Rechtecke oder in 4 Dreiecke getheilt, letztere durch die Diagonalen, erstere durch die Halbirungslinien der Seiten der Tafel entstanden, und diese Rechtecke oder Dreiecke sind abwechselnd mit hellrother und weisser, oder mit schwarzer und weisser Farbe angestrichen. Die Zieltafel ist gewöhnlich oben an einer Schnur befestigt, welche über eine Rolle an dem oberen Ende der Visirlatte geht, um sie bequem auf und nieder ziehen zu können.

Nivellirwaage ist die Canalwaage; s. Art. Nivelliren. 2.

Nobert's Scala dient als Object zur Untersuchung der Güte eines Mikroskops. Dieselbe besteht aus einer Glasplatte mit 10 Gruppen von



je 10 Linien. Der Abstand der Linien der einzelnen Gruppen beträgt 1000; 857; 735; 630; 540; 463; 397; 340; 292; 225 Millionstel einer pariser Linie.

Nobili's Farbenringe oder Figuren, s. Art. Farbenringe. D.

Nörremberg's Polarisationsapparat, s. Art. Polarisation des Lichtes. A. c.

Nonius, der oder das Vernier ist eine an Messapparaten häufig angebrachte Vorrichtung, mit deren Hilfe von einem Massstabe, sei er geradlinig oder ein Bogen, kleinere Theile, als die darauf angebrachte Eintheilung enthält, abgelesen werden können. Die Vorrichtung besteht einfach in einem beweglichen Schieber neben dem Massstabe oder neben dem Gradbogen (Limbus). Dieser Schieber enthält, um $\frac{1}{n}$ der Theilung anzugeben, auf die Länge von $n-1$ oder $n+1$ Theilen des Massstabes n gleiche Theile. Wäre der Massstab in Zolle und Linien ($1'' = 12'''$) getheilt und wollte man noch Hundertstel von Linien ablesen, so theilt man auf dem Nonius eine Strecke des Massstabes von 100 Linien in 99 oder in 101 gleiche Theile. Wäre eine Theilung in 99 Theile ausgeführt und stimmte der Nullpunkt des Nonius gerade mit einem Theilstriche des Massstabes überein, so würde jeder folgende Strich des Nonius um $^1/_{100}$ hinter der Theilung des Massstabes zurückbleiben; träfe aber nicht der Nullpunkt, sondern z. B. der 37. Strich mit einem Theilstriche des Massstabes zusammen, so würde der Nullpunkt des Nonius um $^{37}/_{100}$ von dem nächsten Theilstriche des Massstabes abweichen. Man hat also nur zu ermitteln, der wievielste Theilstrich des Nonius mit der Theilung des Massstabes in gerader Linie liegt, um zu wissen, den wievielsten Theil der Theilung der Index (Zeiger) des Nonius von einem Theilstriche des Massstabes absteht. Bei einer Theilung des Nonius in 101 gleiche Theile wäre der Nonius nicht hinter der Theilung des Massstabes zurückgeblieben, sondern voraus. — Wie der Nonius eingetheilt ist, muss natürlich in jedem besonderen Falle zunächst ermittelt werden.

Der Name Nonius ist abgeleitet von dem Portugiesen Nunhes, der 1566 eine ähnliche Vorrichtung für die Kreistheilung astronomischer Instrumente bekannt machte. Die jetzt gebräuchliche Einrichtung, wie sie vorstehend angegeben ist, wurde 1631 von dem französischen Geometer Vernier veröffentlicht.

Nord oder Norden oder Nordpunkt heisst der Durchschnittspunkt des Meridians mit dem Horizonte an der dem Norpole zugekehrten Seite. S. Art. Cardinalpunkte, Meridian und Himmelsgegenden.

Nordersonne heisst in den Gegenden, in welchen die Sonne zu gewissen Jahreszeiten nicht untergeht, die Stunde, zu welcher es in andern



Ländern Mitternacht ist, weil die Sonne dann im Norden steht. Ebenso sagt man dort Ostersonne, wenn die Sonne im Osten steht, und in gleicher Weise Westersonne und Südersonne.

Nordlicht oder Nordschein heisst das in den nördlichen Regionen auftretende Polarlicht, während man das in den südlichen Gegenden erscheinende Südlicht oder Australschein nennt. Vergl. Art. Polarlicht.

Nordlichtskrone (*corona borealis*) ist einer der schönsten Momente bei einem zur vollständigen Entwickelung kommenden Nordlichte, indem sich die emporschiessenden Lichtstrahlen im magnetischen Zenith vereinigen. S. Art. Polarlicht.

Nordlinie, die, ist jede genau von Süden nach Norden gerichtete, also mit dem astronomischen Meridian zusammenfallende Linie. S. Art. Meridian.

Nordostering nennen die Seeleute die östliche Declination der Magnetnadel. S. Art. Nordwestering.

Nordostmonsun ist der vom October bis März auf dem nördlichen Theile des indischen Oceans wehende Nordostwind. Vom April bis September weht daselbst ein Südwestwind, also der Südwestmonsun. S. Art. Wind.

Nordostpassat heisst der nördlich von der Region der Calmen (s. d. Art.) wehende Passatwind. Vergl. Art. Passate und Wind.

Nordpol der Erde ist das nördliche Ende der Erdaxe.

Nordpol des Magnets heisst der Magnetpol, welcher auf dem nordwärts gerichteten Ende der Axe einer Magnetnadel liegt. In französischen Werken wird der auf dem südwärts gerichteten Ende dieser Axe liegende Pol Nordpol des Magnets genannt, welchen wir Südpol des Magnets nennen, womit die Franzosen wieder unseren Nordpol bezeichnen.

Nordpolarnebel heissen die in den nördlichen Polarländern auftretenden Nebel. Der Himmel der Polarländer ist im Allgemeinen ein trüber; aber im Spätsommer und Herbste stellen sich namentlich Nebel ein, wenn, nachdem die Eisdecke des Meeres zu Anfang des Sommers geborsten ist, die kalte Luft mit dem wärmeren Meerwasser in Berührung tritt.

Nordpunkt, s. Art. Nord und Cardinalpunkt.

Nordschein oder Nordlicht, s. Art. Polarlicht.

Nordwestering nennen die Seeleute die westliche Declination der Magnetnadel. S. Art. Nordostering.

Nordwestmonsun heisst der über den Aequator südlich hinausgehende Nordostpassat, der anfangs in Nord und weiterhin in Nordwest übergeht. Es zeigt sich dieser Nordwestmonsun im tropischen Neuholland und auf dem Meere westlich davon bis über die Salomons-

Inseln und neuen Hebriden hinaus namentlich im December oder Januar. S. Art. Passat.

Noria heisst eine in Spanien gebräuchliche hydraulische Maschine. An der Peripherie eines verticalen Rades sind Kasten oder Schaufeln, die sich beim Umdrehen des Rades mit Wasser füllen und dasselbe ausschütten, wenn sie nach oben gekommen sind.

Normalbarometer nennt Bohnenberger ein von ihm construirtes Barometer von $14^1/_2$ Linie Weite, bei welchem die Quecksilberoberfläche sich bis auf 2''' Abstand von den Seitenwänden der Röhre eben ergab, und also der Einfluss der Capillarität beseitigt war. Vergl. Poggend. Annal. Bd. 26. S. 459.

Normalbeschleunigung, s. Art. Bewegungslehre IV. 8. e.

Normale, thermische, heisst die Verbindungslinie aller Orte normaler Temperatur. Diese Linie ist die Grenzlinie des See- und Continentalklimas. Vergl. Art. Isothermen. S. 517.

Normalpunkte nennt man zuweilen die Fundamentalpunkte des Thermometers. S. Art. Thermometer.

Normaltemperatur besitzt ein Ort, wenn seine mittlere Temperatur nicht verschieden ist von der mittleren Temperatur des Breitenkreises, auf welchem er liegt. S. Art. Isothermen.

Normalthermometer heisst ein Thermometer mit vollkommen genauer Scala. S. Art. Thermometer.

Notapeliotes hiess bei den alten Griechen der Südostwind; auch nannte man ihn Euraster.

Notiometer, s. Art. Hygrometer.

Notos, Notus, Auster, auch Meridies hiess bei den Alten der Südwind. Leuco-Notus (Phönix, Phönicias, Gangeticus) bezeichnet den Süd-Südostwind; Hypo-Libo-Notus, auch Alsanus, Süd-zum-Westwind; Libo-Notus, auch Notolibycus und Austro-Africus, Südwestwind; Mesolibo-Notus Südwest-zum-Südwind.

Nullpunkt am Thermometer, s. Art. Thermometer. Der absolute Nullpunkt ist ein Punkt, welcher noch 273° C. unter 0° C. liegen würde, und $273 + t^0$ C. nennt man die absolute Temperatur. Vergl. Art. Gas. S. 377.

Nutation, die, oder das Wanken der Erdaxe bezeichnet eine Kreisbewegung, welche der Pol des Aequators vollzieht; es verhält sich so, als ob der Pol des Aequators innerhalb 19 Jahren sich durch die Peripherie einer kleinen Ellipse bewege, deren Mittelpunkt auf dem Kreise um den Pol der Ecliptik jährlich 50,21 Sec. rückwärts geht und deren grosse Axe gegen den Pol der Ecliptik gerichtet ist.

Nutzeffect ist die Arbeit der Nutzlast an einer Maschine.

Nutzlast heisst die Last an einer Maschine, deren Bewältigung beabsichtigt wird. Vergl. Art. Nebenlast.

O.

Oberstrom, s. Unterstrom.

Objectiv, das, nennt man bei optischen Instrumenten den Theil, welcher dem zu beobachtenden Gegenstande, dem Objecte, zugewendet ist, während der gegen das Auge gerichtete Theil das Ocular heisst. Bei den Fernröhren ist z. B. das Objectiv eine Convexlinse oder ein Hohlspiegel. Bei Messinstrumenten mit Dioptern unterscheidet man ebenso Objectiv- und Oculardiopter. Wegen der achromatischen, aplanatischen und dialytischen Objective s. Art. Fernrohr. III.

Objectivdiopter nennt man das dem zu beobachtenden Gegenstande zugewendete Diopter, s. Art. Boussole und Nivelliren.

Objective Farbe ist die Farbe, welche Körper im Sonnenlichte zeigen, also die sogenannte natürliche. S. Art. Farbe.

Objectivglas, } s. Art. Objectiv.
Objectivlinse, }

Objectivmikrometer, das, gehört zu den dioptrischen Mikrometern und zwar besteht das Wesentliche desselben darin, dass durch das Objectivglas des Fernrohres selbst zwei Bilder von demselben Objecte erzeugt werden. Vergl. Art. Mikrometer. 3.

Oboe oder Hoboe, die, ist ein musikalisches Blasinstrument, dessen Ton die Discantstimme vertritt, während das demselben verwandte Fagott (s. d. Art.) dem Tenor oder Bariton näher kommt. Die gewöhnlich aus Buxbaumholze gefertigte Oboe besteht aus dem Kopfstücke, Mittelstücke, dem Schalltrichter — ähnlich der Clarinette — und einem Mundstücke, dem sogenannten Rohre, welches aus zwei Rohrblättchen gebildet wird, die vorn in zwei schwach gewölbte breite Platten auslaufen und unten in eine kleine messingene Röhre zusammengefügt sind. Dies Mundstück liegt in der Verlängerung der Axe des Instrumentes, während es bei dem Fagott an einer dünnen, gebogenen messingenen Röhre steckt. Vergl. Art. Zungenpfeife.

Observatorium heisst jede zu bestimmten Beobachtungen eingerichtete Räumlichkeit. Man hat z. B. astronomische, magnetische etc. Observatorien. Vergl. z. B. Schluss des Art. Magnetometer.

Occidens, auch Favonius und Zephyrus, hiess bei den alten Römern der Westwind.



Occident oder West bedeutet die Gegend, in welcher die Sonne und die Gestirne überhaupt untergehen.

Ochsenauge heisst bei dickem Wetter eine Oeffnung in den Wolken. Zeigt sich das Ochsenauge der Sonne gegenüber, so erscheint es in Regenbogenfarben und wird dann auch Wettergalle genannt; steht es bei der Sonne, so ist es gewöhnlich ein Vorbote von schlechtem Wetter. Oft stellt sich nach dem Erscheinen des Ochsenauges Wind ein und zwar von der Gegend her, wo sich dasselbe zeigte. Auch heisst so eine kleine schwarze Wolke, welche in der heissen Zone als Vorbote eines Sturmes plötzlich erscheint, sich schnell bewegt und vergrössert. Je heiterer vorher das Wetter war, desto heftiger ist der ausbrechende Sturm.

Octant oder Spiegel-Octant ist ein Instrument zu Höhenmessungen, namentlich auf See, oder überhaupt ein Winkelmesser. Die Einrichtung ist die des Sextanten (s. d. Art.), aber der Limbus umfasst nur 45^0 oder den achten Theil eines Kreises, weshalb das Instrument auch Octant genannt wird. Da durch die Drehung des einen Spiegels bis 90^0 gemessen werden kann, weshalb der Limbus auch in 90 halbe Grade getheilt wird, die als ganze Grade gezählt werden, so heisst das Instrument wohl auch Spiegel-Quadrant.

Octave nennt man in der Musik das Intervall zweier Töne = 1 : 2. Der Ton, welchem in derselben Zeit doppelt soviel Schwingungen zukommen als einem anderen, ist die nächst höhere Octave von diesem. S. Art. Ton.

Octavflöte, s. Art. Flöte.

Ocular, s. Art. Objectiv. Wegen des orthoskopischen und pankratischen Oculars vergl. Art. Fernrohr. I. S. 321.

Oculardiopter nennt man das gegen das Auge gerichtete Diopter. S. Art. Boussole und Nivelliren.

Ocular-Irradiation im Gegensatze zur Irradiation bei astronomischen Instrumenten, s. Art. Irradiation.

Ocularmikrometer, das, gehört zu den dioptrischen Mikrometern, s. Art. Mikrometer. 3.

Oeffnungszuckung, s. Art. Schliessungszuckung.

Oelkrug der Wittwe zu Zarpath besteht, wie der Vexir- oder Zaubertrichter aus einem doppelten Trichter zusammengesetzt ist, aus einer doppelten Kanne. An der Dille führt eine Oeffnung in den Zwischenraum zwischen beiden Kannen und an dem Griffe ist eine ebensolche zweite, mit dem Finger verschliessbare. Oeffnet man die letztere Oeffnung, so fliesst Oel aus dem Zwischenraume, weil die Luft zu demselben Zutritt erhält; schliesst man aber dieselbe Oeffnung mit dem Finger, so hört das Ausfliessen, wie bei dem Stechheber und Zaubertrichter auf, da der Druck der Luft abgehalten wird.

Oelmesser, s. Art. Oleometer.

Oenometer, das, oder der Weinmesser soll den Alkoholgehalt des Weines bestimmen. Das von E. Tabarié erfundene Oenometer besteht aus einem kleinen Destillirapparat, aus welchem mittelst einer Spirituslampe der Alkohol des Weines verflüchtigt wird. Den entstandenen Verlust ersetzt man durch Wasser und mittelst eines feinen Aräometers (s. d. Art.) prüft man das specifische Gewicht vor und nach der Operation.

Oersted's Piezometer, s. Art. Piezometer.

Oersted's Versuch über Einwirkung des electrischen Stromes auf die Stellung einer Magnetnadel, s. Art. Electrodynamik. B.

Ofenheizung besteht darin, dass das Feuer in einem eingeschlossenen oder völlig umgrenzten Raume sich befindet, durch dessen Wände die durch das Feuer denselben mitgetheilte Wärme abgegeben wird. Unter den verschiedenen Stubenöfen zeichnen sich die russischen dadurch aus, dass sie dem Zimmer eine möglichst lange andauernde und möglichst gleichmässige Erwärmung ertheilen, was bei eisernen Oefen nicht zu erreichen ist. Der russische Ofen besteht aus dicken Kacheln von Lehm oder gebranntem Thone, die durch eine starke Füllung noch mehr Körper erhalten und so ausgefüttert werden, dass sie wohl die Stärke von 7 Zoll und mehr bekommen. In dieser mächtigen Hülle befinden sich verticale Kanäle zur Leitung der erhitzten Luft und des Rauches, deren Anzahl sich nach der Grösse des Ofens und Zimmers richtet, und manchmal von 4 und 6 bis 12 steigt; ausserdem hat jeder Ofen seine eigene, nur 6 bis 10 Zoll weite Schornsteinröhre, der letzte Rauchkanal des Ofens geht stets von oben nach unten und der Verschluss des letzten Kanals geschieht durch doppelte eiserne Deckel, die genau in einander passen, durch die sogenannte Gusche oder Wiuschke. Dieser Ofen ist für ein Klima mit anhaltend strengem Winter berechnet; in anderen Gegenden hat man ihn nachzuahmen gesucht, und da hat sich namentlich der von Feilner in Berlin 1801 angegebene und seit 1817 noch wesentlich verbesserte Ofen empfohlen. Ein wesentlicher Bestandtheil dieses Ofens ist ein eiserner Kasten im Innern, der von den Kacheln auf allen Seiten 2 bis 3 Zoll entfernt bleibt, und von dessen Deckplatte am hinteren Ende ein Rohr in die Züge führt. Der Kasten ist der Brennraum. Der obere Theil des Ofens ist von oben nach unten durch eine Scheidewand getheilt, neben welcher horizontale Züge verlaufen. Der Zug der einen Seite geht in den nebenliegenden über und dieser leitet in die nächst höhere Zugreihe, von der aus es in gleicher Weise aufwärts geht, so dass die heisse Luft wohl einen Weg von 25 bis 30′ zurücklegt, ehe sie das Rauchrohr erreicht und in den Schornstein tritt. Ausserdem, dass die erwärmten Kacheln an das Zimmer Wärme abgeben, wird noch dadurch eine Luftcirculation bewirkt, dass unter dem Kasten Luft einströmen und durch den Kasten erwärmt aus einer Oeffnung in das Zimmer eintreten kann. Ein Uebelstand ist die

Ablagerung von Flugasche in den horizontalen Zügen. Die im nördlichen Deutschland gebräuchlichen sogenannten Zug- oder Wind-Kachelöfen sind leichtere russische Oefen mit 4 verticalen Kanälen. Im südlicheren Deutschland findet man meistens eiserne Stubenöfen aus mehreren Kasten bestehend, von denen jeder obere in die Nuten des unteren passt. Die Räume zwischen den einzelnen Kasten bleiben offen und befördern die Circulation. Neben diesen eisernen Oefen findet man auch noch kleinere, sogenannte Kanonenöfen in Gebrauch, die jedoch keine lebhafte Luftzuführung gestatten. — Die schwedischen Oefen unterscheiden sich von den russischen im Wesentlichen nur dadurch, dass sie gewöhnlich rund sind und beinahe bis an die Decke des Zimmers reichen. Das Innere besteht aus 5 verticalen Kanälen. Der mittelste dient als Feuerraum, führt oben in zwei absteigende Kanäle und diese gehen wieder in zwei aufsteigenden zu dem Rauchrohre, vor welchem sie sich vereinigen.

Wegen der Heizung überhaupt vergl. Art. Heizung. Hier bemerken wir nur, dass man eiserne Oefen vorzuziehen hat, wenn es auf schnelle und nicht andauernde Erwärmung ankommt, andernfalls aber irdene; ausserdem bemerken wir in historischer Hinsicht, dass die Verbesserung der Stubenöfen bereits 1552 auf dem Reichstage zu Regensburg zur Berathung kam und dass seitdem fortwährend bis auf die neueste Zeit an derselben gearbeitet worden ist, wie die hermetischen Ofenthüren beweisen.

Ofenkamin, s. Art. Kaminheizung.

Ohm, ein Weinmass, in Preussen = 120 Quart.

Ohm'sches Gesetz heisst das von G. S. Ohm in Erlangen 1827 zuerst ausgesprochene Gesetz über die Abhängigkeit der Stromstärke von der electromotorischen Kraft und dem Leitungswiderstande. (Vergl. Art. Galvanismus. A. und Leiter der Electricität.)

Die Stärke des galvanischen Stromes ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit welcher die Ausgleichung und Wiederherstellung der entgegengesetzten electrischen Zustände eintritt. Diese Geschwindigkeit ist wieder abhängig von dem Unterschiede der electrischen Spannung der erregenden Elemente, also von der electromotorischen Kraft, und von dem Widerstande, welchen die Electricität bei ihrer Fortpflanzung selbst durch die besten Leiter erfährt, also von dem Leitungswiderstande. Bezeichnet man die Stromstärke mit S, die electromotorische Kraft mit E und den Leitungswiderstand mit R, so drückt die Formel $S = \frac{E}{R}$ erfahrungsgemäss die Abhängigkeit der Stromstärke von der electromotorischen Kraft und dem Leitungswiderstande aus. Die Stromstärke verhält sich also gerade wie die electromotorische Kraft und umgekehrt wie

der Leitungswiderstand, oder $S : S_1 = \frac{E}{R} : \frac{E_1}{R_1}$. Dies Gesetz heisst nun das Ohm'sche.

Zu der Verwerthung dieses Gesetzes ist noch anzuführen, dass der Widerstand im directen Verhältnisse mit der Länge l, und im umgekehrten mit dem Querschnitte q und dem Leitungsvermögen k des Schliessungsdrahtes steht, dass also $R : R_1 = \frac{l}{qk} : \frac{l_1}{q_1 k_1}$ ist. — Zu der experimentellen Prüfung bedient man sich am vortheilhaftesten der Tangentenboussole. Dabei ist zu beachten, dass auch die Flüssigkeit in der Kette Widerstand leistet, und dass in der Ohm'schen Formel stets der gesammte Widerstand in Rechnung zu bringen ist. Dieser Widerstand lässt sich zurückführen auf den Widerstand eines Drahtes vom Querschnitte 1 und dem Leitungsvermögen 1, indem man die Länge angiebt, welche derselbe erhalten müsste, um einen Widerstand zu leisten, der jenem gleichkömmt. Die Länge dieses Drahtes nennt man die reducirte Länge. Wegen der Widerstandseinheit s. Art. Leitungswiderstand. Unter Einheit der Stromstärke aber versteht man gewöhnlich die eines Stromes, der in 1 Minute 1 Cubikmeter Knallgas von 0^0 C. und 760^{mm} Expansivkraft liefert.

Von den aus dem Ohm'schen Gesetze sich ergebenden und durch die Erfahrung bestätigten Folgerungen führen wir folgende an:

1) Ist eine electrische Kette aus ungleichen Elementen zusammengesetzt, deren electromotorische Kräfte E, E_1, E_2 . . . und respective reducirte Widerstände R, R_1, R_2 . . . sind; so ist die Stromstärke S bei einem Schliessungsdrahte von der reducirten Länge l

$$S = \frac{E + E_1 + E_2 + \ldots}{R + R_1 + R_2 + \ldots + l},$$

und sind die Widerstände und die electromotorischen Kräfte aller Elemente gleich, so wird $S = \frac{nE}{nR + l}$.

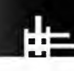
2) Will man aus der doppelten Anzahl unter sich gleicher Elemente die doppelte Stromstärke gewinnen, so reicht es nicht aus, die Anzahl der Elemente zu verdoppeln, sondern es muss auch der wirksame Theil der Flächen jedes Elementes verdoppelt werden. — Denn soll $\frac{2\,nE}{x \,.\, 2R + l} = \frac{2\,nE}{nR + l}$ werden, so muss $x \,.\, 2R = nR$, folglich $x = \frac{n}{2}$ sein, d. h. es muss in jedem einzelnen Elemente der Widerstand auf die Hälfte gebracht werden, und dies geschieht eben dadurch, dass man den wirksamen Theil der Flächen jedes Elementes verdoppelt.

3) Wenn der Widerstand im Schliessungsbogen im Vergleiche mit dem Widerstande in den Elementen recht gross ist, so bewirkt die Vermehrung der Anzahl der Elemente einer aus unter sich gleichen Ele-

menten zusammengesetzten Kette eine grössere Stromstärke. — Denn in diesem Falle kann in $S = \frac{nE}{nR + l}$ der Widerstand nR gegen l vernachlässigt werden, und man erhält $S = \frac{nE}{l}$, während ein einziges Element nur $S = \frac{E}{l}$ geben würde. — Es findet dies Anwendung bei sehr langem und dünnem Drahte, z. B. bei Telegraphenleitungen, oder wenn Flüssigkeiten in den Schliessungsdraht eingeschaltet sind, z. B. bei chemischen und physiologischen Versuchen.

4) Wenn der Widerstand im Schliessungsbogen im Vergleiche mit dem Widerstande in den Elementen sehr klein ist, so dass dieser vernachlässigt werden kann, so wird nicht durch Vermehrung der Anzahl der Elemente, sondern durch Vergrösserung der wirksamen Fläche der einzelnen Elemente einer aus unter sich gleichen Elementen zusammengesetzten Kette eine grössere Stromstärke erzielt. — Denn vergrössert man die wirksame Fläche eines Elementes um das $n$fache, so wird $S = \frac{E}{\frac{1}{n}R + l} = \frac{nE}{R + nl}$, und man erhält $S = \frac{nE}{R}$, wenn man nl gegen R vernachlässigt, während bei einem Elemente mit ungeänderter wirksamer Fläche $S = \frac{E}{R}$ sein würde. Lässt man die wirksame Fläche ungeändert, vermehrt aber die Anzahl der Elemente um das $n$fache, so würde $S = \frac{nE}{nR + l}$ und also bei Vernachlässigung von l gegen nR die Stromstärke $S = \frac{E}{R}$, wie bei einem einzigen Elemente. Die Vermehrung der Elemente nützt also nichts, wohl aber die Vergrösserung der wirksamen Fläche. — Anwendung hiervon macht man bei kurzen Leitungen, z. B. bei den Localbatterien der Telegraphenstationen, bei Glühversuchen mit kurzen dicken Drähten.

5) Will man mit einer bestimmten Anzahl von Elementen für einen gegebenen Widerstand im Schliessungsbogen die möglichst grösste Stromstärke erzielen, so muss man sie so combiniren, dass der gesammte Widerstand der Elemente dem Widerstande in dem Schliessungsbogen gleich ist. — Denn für n gleiche Elemente ist nach 1) $S = \frac{nE}{nR + l}$. Würde man von den n Elementen je zwei zu einem combiniren, so würde wegen der Hälfte der Elemente der Widerstand in denselben schon auf die Hälfte herabgehen, aber da jedes combinirte Element eine doppelt so grosse wirksame Fläche bietet, als ein einfaches, so wird dadurch



derselbe Widerstand nochmals um die Hälfte verringert, folglich wird, wenn man x Elemente zu einem verbindet, der Widerstand x^2 mal schwächer. Combinirt man nun wirklich je x Elemente der gegebenen n Elemente zu einem, so wird $\frac{\frac{n}{x}E}{\frac{n}{x^2}R + l} = \frac{nE}{\frac{n}{x}R + x\,l}$. Wäre nun $nR = l$ gewesen, so würde jetzt $S_1 = \frac{nE}{l\left(x + \frac{1}{x}\right)}$. Der kleinste Werth von x ist aber 2, folglich ist $x + \frac{1}{x}$ jedenfalls grösser als 2; folglich muss S_1 stets kleiner sein als S; folglich hat S und mithin auch jede Combination den grössten Werth, wenn der Widerstand der Elemente dem im Schliessungsbogen gleich ist.

6) Sind n gleiche Elemente, von denen jedes den Widerstand r bietet, gegeben, und will man für einen Widerstand l im Schliessungsbogen bestimmen, wie viel Elemente x man am vortheilhaftesten zu einem Elemente zu verbinden hat, so findet man $x = \sqrt{\frac{n\,.\,l}{r}}$. — Denn combinirt man z Elemente zu einem, so ist $z = \frac{n}{x}$; der Widerstand einer Combination ist $\frac{r}{z}$ und aller Combinationen $\frac{r}{z}x$. Ist nun $l = \frac{r}{z}x$, so ist auch $l = \frac{r}{n}x^2$, also $x = \sqrt{\frac{n\,.\,l}{r}}$.

7) Schliesst man eine Kette unmittelbar durch eine Tangentenboussole und dann durch einen Draht von der Länge l, so erhält man die electromotorische Kraft, wenn im ersten Falle die Ablenkung der Nadel α und im zweiten β war, $E = \frac{tgs\,\alpha\,.\,tgs\,\beta}{tgs\,\alpha - tgs\,\beta}\,l = \frac{sin\,\alpha\,.\,sin\,\beta}{sin\,(\alpha - \beta)}$. — Denn setzt man die reducirte Länge des Widerstandes der Kette $= r$ und bezogen auf die Drahtsorte des im zweiten Falle verwendeten Schliessungsdrahtes, so ist $r = \frac{E}{tgs\,\alpha}$ und $r + l = \frac{E}{tgs\,\beta}$, also $l = \frac{E}{tgs\,\beta} - \frac{E}{tgs\,\alpha}$, woraus der angegebene Werth für E folgt.

8) Durch die beiden unter 7) angegebenen Beobachtungen kann man den Widerstand r der Kette ermitteln. — Es ist nämlich $r : r + l = tgs\,\beta : tgs\,\alpha$; folglich ist $r = \frac{tgs\,\beta}{tgs\,\alpha - tgs\,\beta}\,l = \frac{cos\,\alpha\,.\,sin\,\beta}{sin\,(\alpha - \beta)}\,l$

Ohr des Dionysius, das, gehört zu den Flüstergallerien (s.

Art.). Es war dies ein Gefängniss in den Steinbrüchen bei Syrakus mit der den Flüstergallerien eigenen akustischen Wirkungsweise.

Ohr des Menschen, das, besteht aus drei Abtheilungen: aus einer äusseren, mittleren und inneren. Zu der äusseren Abtheilung gehört die Ohrmuschel, der Gehörgang und das Trommel- oder Paukenfell. Die mittlere Abtheilung begreift die Trommel- oder Paukenhöhle, die Eustachische Röhre und die Gehörknöchelchen: den Hammer, den Ambos mit dem Linsenbeinchen und den Steigbügel. Die innere Abtheilung bildet das Labyrinth, welches aus dem Vorhofe, den drei halbzirkelförmigen Bogengängen und der Schnecke besteht.

Die Ohrmuschel ist der aussen am Schläfenbeine anhaftende, einer Muschel ähnliche, knorpelige Theil, in welchem der Gehörgang beginnt.

Der Gehörgang, welcher nach innen bis zum Trommelfelle führt, besteht aus einer knorpeligen, nach aussenhin liegenden Hälfte und aus einer inneren, im Schläfenbeine befindlichen knöchernen. Beide sind durch Zellgewebe mit einander verbunden und mit einer Fortsetzung der Haut der Ohrmuschel überkleidet, welche die Ohrenschmalzdrüsen enthält.

Das Trommelfell, welches den Gehörgang verschliesst, ist eine dünne, faserige, elliptisch herzförmige, nach innen gewölbte Haut, die auf der inneren Seite von einer zarten Schleimhaut bedeckt ist. Sie ist in einem kreisförmigen Falze am Ende des Gehörganges ausgespannt.

Die Trommel- oder Paukenhöhle liegt im Schuppen- und Felsentheile des Schläfenbeins unmittelbar hinter dem Trommelfelle. Sie bildet einen im Allgemeinen sphärischen Raum. Von dem vorderen und tiefer gelegenen Theile aus führt die Eustachische Röhre oder Ohrtrompete in die Rachenhöhle, wo dieselbe hinter den inneren Nasenöffnungen über dem Gaumensegel mündet. Im oberen Theile der Trommelhöhle liegt das ovale oder Vorhofs-Fenster, eine mit einem zarten Häutchen überzogene Oeffnung, und weiter nach unten befindet sich das ebenfalls mit einem zarten Häutchen versehene runde Fenster, welches mit der Schnecke in Verbindung steht.

Von den Gehörknöchelchen liegt zunächst am Trommelfelle der keulenförmige Hammer. Dieser berührt mit seinem langen Fortsatze oder Stiele das Centrum des Trommelfelles; ist mit einem kurzen, dickeren Fortsatze, der gerade nach vorn über dem Rande des Trommelfelles hin liegt, an der Knochenwand der Trommelhöhle angeheftet; berührt das Trommelfell nochmals mit einem kürzeren Fortsatze in der Nähe des oberen Ansatzrandes, und steht mit seinem Kopfe, der den oberen Rand des Trommelfelles überragt, durch ein Gelenk mit dem zweiten Knochen, dem Ambos, in Verbindung. — Der Ambos gleicht

einem zweiwurzeligen Backenzahne. Er ist mit seinem kurzen Fortsatze an der hinteren Wand der Trommelhöhle angestützt, geht mit dem längeren Fortsatze dem Stiele des Hammers parallel nach unten und tritt an dem Ende desselben mittelst eines Gelenkes mit dem Steigbügel in Verbindung. An dem langen Fortsatze befindet sich noch als Knochenvorsprung das sogenannte Linsenbeinchen. — Der Steigbügel, der seinen Namen seiner Gestalt wegen vollständig verdient, besteht aus dem Köpfchen, zwei Schenkeln und dem Fusstritte. Durch das Köpfchen ist er mit dem Ambos verbunden; der Fusstritt ruht auf dem ovalen Fenster. — Am Halse des Hammers ist ein Muskel, der Spanner des Trommelfelles; an dem Ende des langen Fortsatzes des Hammers befindet sich ein zweiter Muskel, der Erschlaffer des Trommelfelles und am Kopfe des Steigbügels ist der Steigbügelmuskel befestigt.

In dem Felsentheile des Schläfenbeines liegt die innere Ohrabtheilung, das Labyrinth. Den mittleren Theil nimmt der Vorhof ein; nach hinten liegen die Bogengänge und nach vorn die Schnecke. Der Vorhof ist eine kleine eiförmige Höhle, welche sowohl mit den Bogengängen als der Schnecke communicirt und durch das ovale Fenster mit der Trommelhöhle in Verbindung steht. — Aus der hinteren Hälfte des Vorhofes kommen drei enge, kreisförmig gebogene Gänge, die Bogengänge oder halbzirkelförmigen Kanäle, deren Ebenen nahezu rechte Winkel bilden; zwei von ihnen sind lothrecht, der andere wagerecht gestellt. Diese Bogengänge kehren mit zwei Oeffnungen in den Vorhof zurück, indem die inneren Enden der beiden lothrechten Gänge sich vorher unter einander vereinigen. Jeder dieser Bogengänge hat an einem seiner Enden eine blasenartige Anschwellung, Ampulle. An den lothrechten Gängen findet sich die Blase an den nicht verbundenen Enden. Der wagerechte Gang hat sie an seinem vorderen Ende. Vorhof und Bogengänge enthalten im Innern äusserst feine weiche, röhrenförmige Häute von der Gestalt der knöchernen Höhlen, aber enger als diese, so dass zwischen ihnen und den Knochen ein freier Raum bleibt und also in jedem knöchernen Bogengange noch ein sehr enger, mit einer Blase versehener häutiger Bogengang liegt. Diese Röhren öffnen sich in einen länglichen Sack, den sogenannten gemeinschaftlichen Sack, welcher in dem eiförmigen Grübchen liegt, das nebst dem halbkreisförmigen Grübchen im Vorhofe sich befindet. In dem letzteren Grübchen ist ein kleinerer rundlicher Sack, der mit dem gemeinschaftlichen Sacke zusammen hängt. Der Raum zwischen dem häutigen und knöchernen Labyrinth, sowie auch die Säcke werden von einer hellen eiweisshaltigen Flüssigkeit, dem Labyrinthwasser, erfüllt, und die in den Säckchen befindliche enthält Anhäufungen von sehr kleinen, durch ein zähes Mittel mit einander verbundenen Kalkkrystallen, die man die Gehör-

steinchen oder den Gehörsand nennt. — Die Schnecke sieht einem Schneckenhause ähnlich, besteht aus einem allmälig enger werdenden Gange, welcher sich $2^1/_2$ Mal um eine sehr kurze wagerechte Axe, die Spindel, in die Höhe windet. Eine im Innern des Kanals befindliche Scheidewand, das Spiralblatt, windet sich mit um die Spindel und theilt ihn in zwei Gänge oder Treppen, eine innere und äussere. Der Theil des Spiralblattes, welcher der Spindel am nächsten liegt, ist knöchern, der andere häutig. Es geht das Spiralblatt nicht ganz bis zu dem Ende des Kanals, sondern läuft in ein freies, hakenförmig umgebogenes Ende aus, wo die beiden Treppen, nicht weit von der Spitze der Schnecke, durch eine kleine Oeffnung mit einander verbunden sind. Die innere oder untere Treppe steht durch das runde Fenster mit der Trommelhöhle in Verbindung, während die obere sich in den vorderen unteren Theil des Vorhofs öffnet.

Die bereits erwähnten Grübchen im Vorhofe liegen dem Nervengange gegenüber, welcher die Gehör- und Antlitznerven gemeinschaftlich führt, und sind von demselben durch eine dünne und von zahlreichen kleinen Löchern durchbohrte Scheidewand getrennt. Der Gehörnerv geht durch die kleinen Löcher in den Vorhof und zu den Bogengängen, wo er sich auf den dort befindlichen Häuten vertheilt. Ausserdem dringt ein Hauptzweig des Nerven durch eine durchlöcherte Platte an der Grundfläche der Schneckenspindel. Diese Spindel liegt nämlich wagerecht in die Quere, fängt von dem Orte des gemeinschaftlichen Nervenganges mit einer hohlen Platte an, welche von zahlreichen kleinen Löchern, den Eingängen feiner knöcherner, bis in die Spitze sich erstreckender und an dem Spiralblatte ausmündender Röhren durchbohrt ist, und geht in der letzten Windung der Schnecke in ein dünnes Knochenblättchen aus. Der Gehörnerv geht nun durch die Röhrchen und breitet sich auf dem Spiralblatte aus. Die feinen Nervenfasern liegen dicht neben einander und tragen auf ihrer Oberfläche je drei feingestielte, den Nervenzellen ähnliche Körperchen. Vor der Mitte des häutigen Spiralblattes erscheinen sie mit abgestumpften oder zweizackigen Enden.

Der Gehörnerv wird durch mechanische Einwirkungen auf das Gehörorgan erregt und der hieraus resultirende Reizzustand giebt zur Empfindung des Schalles Veranlassung. Vergl. hierüber Art. Hören und wegen der verschiedenen Schallempfindungen Art. Schall und Ton.

Oleometer, das oder der Oelmesser ist ein Aräometer (s. d. Art.) zur Prüfung der Reinheit des Oeles. Laurot in Rouen hat einen solchen Apparat angegeben, der sich darauf gründet, dass die Oele bei 100° C. sehr verschiedene specifische Gewichte haben.

Oligochronometer, das, heisst ein von del Negro (1831) angegebenes Instrument zur Messung kleiner Zeittheile.

Ombrometer, das,
Ombrometrograph, der, } s. Art. Regenmesser.

Opalisiren nennt man einen Farbenwechsel, der bei einigen Mineralien, z. B. bei dem edlen Opale, auftritt, wenn man sie in verschiedenen unbestimmten Richtungen ansieht. Hauy sucht den Grund in unzähligen kleinen Rissen; Beudant ist der Ansicht, dass im Innern des Minerals kleine Räume, angefüllt mit einem Fludium, wahrscheinlich Wasser, seien, so dass das Licht auf verschiedene Weise zerstreut werde. Vergl. Art. Farbenspiel.

Opernglas | **Operngucker** } nennt man ein kleines, gewöhnlich binoculares, holländisches Fernrohr oder Perspectiv. Vergl. Art. Fernrohr. Bisweilen verlängert man das Rohr über das Objectivglas hinaus, bringt seitwärts eine Oeffnung und dieser gegenüber einen ebenen Spiegel an, der um 45° gegen die Axe des Instrumentes gestellt ist. Man kann dann seitwärts Liegendes beobachten, während es den Anschein hat, als ob man nach der Bühne hin blicke.

Ophthalmometer, das, heisst ein Instrument zum Messen des ganzen Auges und seiner Theile. Petit construirte ein solches Instrument, welches aus einer genau eingetheilten kupfernen Stange und einem Schieber mit Nonius bestand. Neuerdings hat Helmholtz ein Ophthalmometer ausgeführt, welches sich darauf gründet, dass Lichtstrahlen, welche schräg auf eine Glasplatte fallen, die durch parallele Ebenen begrenzt ist, parallel zu ihrer früheren Richtung, aber seitwärts geschoben, auf der Rückseite heraustreten. Vergl. Art. Helmholtz, physiolog. Optik. 1852.

Opposition oder Gegenschein, s. Art. Conjunction.

Opsiometer, das, heisst ein von C. J. Lehot (1829) erfundenes Instrument zur Bestimmung der Grenzen des deutlichen Sehens bei verschiedenen Augen. Das Wesentliche ist ein horizontaler weisser Seidenfaden. Ein Auge, welches den Faden entlang sieht, erblickt diesen in zu grosser Nähe doppelt oder kegelförmig verdickt, dann einfach und im weiteren Abstande wieder doppelt. Die Stelle, an welcher der Faden zuerst einfach erscheint, giebt die kleinste und die, an welcher er wieder doppelt zu werden beginnt, die grösste Entfernung des deutlichen Sehens für das betreffende Auge.

Optik bedeutet eigentlich die Lehre vom Sehen; da aber dasjenige, was als Vermittler zwischen dem Auge und dem wahrgenommenen Körper sich geltend macht, Licht genannt wird, so versteht man unter Optik die Lehre von Allem, was durch das Licht bedingt wird, also sämmtliche auf das Licht bezügliche Wissenschaften. Indessen wird Optik auch noch in einem engeren Sinne gebraucht, nämlich als nur den gewissermassen einleitenden Theil in sämmtliche optische Wissenschaften bezeichnend, welcher die Lehren von dem geradlinigen Fortgange des Lichtes enthält. Das Nähere über die Optik in diesem engeren Sinne enthält Art. Licht. B. An dieser Stelle ist nur noch zu erwähnen, was die Optik im weiteren Sinne umfassen würde: 1) die Optik

im engeren Sinne, d. h. die Lehre von den Hauptgesetzen, nach welchen sich das Licht geradlinig verbreitet und fortpflanzt, wozu die Untersuchung von der Intensität des Lichtes oder die Photometrie, die Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes, die Lehre von der Perspective, desgleichen die vom Schatten gehört; 2) die Reflexion des Lichtes oder die Katoptrik; 3) die Refraction des Lichtes oder die Dioptrik; 4) die Untersuchung des farbigen Lichtes oder die Chromatik; 5) die Interferenz und Inflexion des Lichtes; 6) die doppelte Brechung und Polarisation des Lichtes; 7) das Sehen und die optischen Instrumente. — Ueber diese einzelnen Abschnitte sind die betreffenden Artikel nachzusehen.

Optisch, z. B. Centrum, Kammer oder Camera etc. s. in den betreffenden Artikeln.

Optometer, das, heisst ein Instrument zur Bestimmung der deutlichen Sehweite oder des Nähepunktes und Fernpunktes eines Auges. Es gehört hierher das Opsiometer (s. d. Art.). Einige Optometer gründen sich auf den Scheiner'schen Versuch (s. d. Art.), z. B. das Stampfer'sche. Nach Frick erhält man dies am einfachsten, wenn man sich zwei viereckige hölzerne, 15 Zoll lange Röhren machen lässt, von denen die eine in der anderen leicht verschoben werden kann, aber doch gut eingepasst ist. Die weitere bekommt etwa einen Zoll Seite und die engere wird ihrer ganzen Länge nach in Zolle und Linien getheilt. Die weitere Röhre ist an dem einen Ende mit einem Stückchen Glas geschlossen, auf welches man ein Stanniolblättchen geklebt hat, in welches zwei $^1/_2$ Zoll hohe und $^1/_5$ Linie breite Spalten geschnitten sind, die $^1/_5$ Linie von einander entfernt sind. Das eingesteckte Ende der engen Röhre wird ebenfalls durch ein mit Stanniol überklebtes Glas geschlossen, welches jedoch nur eine Spalte erhält. Das andere Ende der engen Röhre verschliesst man durch ein fein matt geschliffenes Glas oder durch ein Stückchen Strohpapier. Wenn die engere Röhre so weit als möglich eingeschoben ist, muss der Nullpunkt ihrer Theilung noch so weit über die weitere Röhre hervorstehen, als dann die Spalte auf ihrem Glase von den beiden Spalten des Glases der weiten Röhre absteht. Hält man nun die beiden Röhren gegen das Tageslicht und das mit Glas geschlossene Ende der weiten Röhre dicht vor das Auge und verschiebt die engere, bis man ihre Spalte durch die beiden Spalten nur einfach sieht, so giebt die Theilung auf der engen Röhre den Nähepunkt für dies Auge an; schiebt man dann weiter, bis die Spalte wieder doppelt erscheint, so giebt die Theilung den Fernpunkt an. Das Mittel aus beiden Entfernungen ist die Entfernung des deutlichen Sehens. — Schon Porterfield und Th. Young haben den Scheiner'schen Versuch zu Optometern benutzt.



Die den Brillennummern entsprechenden Sehweiten giebt folgende Tabelle:

Nummer. Concav.	Sehweite. Zolle.	Nummer. Concav.	Sehweite. Zolle.	Nummer. Convex.	Sehweite. Zolle.	Nummer. Convex.	Sehweite. Zolle.
1	0,88	16	5,33	9	72,00	18	14.40
2	1,66	17	5,44	$9^1/_4$	59,20	19	13,81
3	2,18	18	5.54	$9^1/_2$	50,66	20	13.33
4	2,66	19	5,63	$9^3/_4$	44,57	22	12,57
5	3,07	20	5,71	10	40,00	24	12,00
6	3,43	22	5.87	$10^1/_2$	33,60	26	11,55
7	3,73	24	6,00	11	29,33	28	11.10
8	4,00	26	6,12	$11^1/_2$	26,28	30	10,90
9	4,23	28	6,22	12	24,00	32	10,66
10	4,44	30	6,31	13	20,80	34	10,46
11	4,63	32	6,40	14	18,66	36	10,28
12	4,80	34	6,48	15	17,14	38	10,13
13	4,95	36	6,54	16	16,00	40	10,00
14	5,09	38	6,61	17	15,11		
15	5,22	40	6,66				

Nach Helmholtz braucht man nur durch eine feine Oeffnung nach einer Lichtquelle oder überhaupt nach einer hellen Stelle hinzusehen, so dass durch dieselbe ein Lichtbündel in das Auge dringen kann. Ist das Auge richtig eingestellt und schiebt man von der Seite her vor die Pupille einen Schirm, so verdunkelt sich die Figur beim Einschieben entweder in allen Theilen gleichmässig oder unregelmässig von verschiedenen Seiten zugleich; steht aber das Auge nicht richtig ein, so verdunkelt sich nur ein Theil der Lichtfigur und zwar von derselben Seite her, von welcher man den Schirm einschiebt, wenn die Entfernung zu gross, oder von der entgegengesetzten, wenn dieselbe zu klein war.

Neuerdings (1863) hat A. Burow ein Optometer empfohlen, welches aus einer Röhre besteht, in welche eine achromatische Linse von etwa 4″ Brennweite eingesetzt ist, und in welcher man mittelst Zahnstange und Trieb ein durch die Linse zu betrachtendes, mit zerstreutem Lichte beleuchtetes Object (Druckschrift) verschieben kann. Die Grösse der Verschiebung lässt sich auf einer Theilung ablesen und dann die Sehweite berechnen, wenn man die Stellung des Objectes ermittelt hat, bei welcher die Accommodation unmöglich wird.

Orcan heisst der heftigste Grad des Sturmes, welcher Bäume entwurzelt, Häuser umwirft und das Meer in fürchterliche Bewegung versetzt. S. Art. Sturm.

Ordinärer Strahl heisst bei der doppelten Strahlenbrechung der Lichtstrahl, welcher den Gesetzen der einfachen Brechung folgt; den



Gegensatz bildet der extraordinäre Strahl. Vergl. Art. Brechung. A. II.

Orgel, die, das bekannte grossartige Instrument, hat ihren Ausgangspunkt wohl in der seit den ältesten Zeiten bekannten Pan- oder Papageno-Flöte und in der Sackpfeife. Schon 150 v. Chr. construirte Ctesibius eine Wasserorgel. Pipin erhielt (753) eine Orgel von dem byzantinischen Kaiser Constantinus Kopronymus; Carl d. Gr. erhielt eine ebenfalls dorther und Ludwig der Fromme liess 826 eine in Aachen bauen. Dies waren tragbare Wasserorgeln. Die jetzigen Windorgeln kommen in Deutschland zuerst im 13. Jahrhunderte vor und waren nur von geringem Umfange. Das Pedal hat 1480 Bernhard, ein Deutscher und Organist in Venedig, angebracht. Zu den grössten Orgeln gehört die in der Peterskirche zu Rom von 100 Stimmen, die in der Nicolaikirche zu Hamburg von 71 Stimmen und einem 32füssigen Principal, die zu Görlitz mit 57 Stimmen, gebaut von Eugen Casparini.

Orgeln, geologische oder Erdpfeifen, s. Art. Geologische Orgeln.

Orgelpfeifen, die, zerfallen in zwei Klassen, die Labialpfeifen und die Zungenpfeifen. In den ersteren ist der Ton nur von der schwingenden Luftsäule abhängig; bei den letzteren wirkt ausser der schwingenden Luftsäule noch ein schwingender elastischer Streifen mit. Vergl. die beiden betreffenden Artikel.

Orient bezeichnet die Morgengegend oder Ost.

Ort, absoluter und relativer, s. Art. Bewegung.

Orthodrome, s. Art. Loxodrome.

Orthographische Projection ist die sogenannte Vogelperspective, bei welcher das Auge in Rücksicht auf die Grösse des Gegenstandes als unendlich entfernt von diesem angenommen wird, so dass alle von dem Auge nach den einzelnen Punkten des Gegenstandes gedachten Linien unter sich parallel laufen und daher auch alle Linien, die im Urbilde parallel sind, in der Abbildung ebenfalls parallel werden. Vergl. Art. Projection und Perspective.

Oscillation bedeutet soviel als Schwingung oder Schwankung. Es kommen die Oscillationen namentlich in Betracht bei dem Barometerstande (s. Art. Barometrie), bei dem Thermometerstande (s. Art. Isothermen), bei der Magnetnadel (s. Art. Declination und Neigung der Magnetnadel) etc.

Oscillationsaxe oder Schwingungsaxe heisst die horizontale Gerade, um welche ein Pendel hin- und herschwingt.

Oscillationshypothese | **Oscillationstheorie** } heisst die Vorstellungsart, nach welcher die Lichterscheinungen durch eine Wellenbewegung eines den ganzen Weltenraum und alle Körper durchdringen-

den Stoffes, des Aethers, bedingt sein sollen. Vergl. Art. Undulationshypothese.

Oscilliren, s. Art. Oscillation und Bewegung.

Ost oder Osten oder Ostpunkt heisst derjenige Durchschnittspunkt des Horizontes mit dem Aequator des Himmels, welcher in der Gegend liegt, in welcher die Sonne und die übrigen Gestirne aufgehen, während der entgegengesetzte West oder Westen oder Westpunkt heisst. Nur zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen (21. März und 23. Septbr.) geht die Sonne im Ostpunkte auf. Vergl. Art. Cardinalpunkte, Windrose und Meridian.

Ostersonne, vergl. Art. Nordersonne und Südersonne.

Ostpunkt, s. Art. Ost.

Oxhoft, ein Weinmass, in Preussen = 180 Quart.

Oxyd nennt man im Allgemeinen die chemische Verbindung eines Elementes mit Sauerstoff.

Oxydation nennt man im Allgemeinen den Process der chemischen Verbindung des Sauerstoffes mit einem andern Elemente.

Oxydationsflamme nennt man die Löthrohrflamme (s. Art. Löthrohr), welche man erhält, wenn man die Löthrohrspitze etwa bis zu einem Drittel der Dochtbreite in die Flamme eintaucht. Diese Flamme hat eine blaue Farbe. Den Gegensatz hierzu bildet die reducirende Flamme, welche gelb aussieht.

Ozon, das, ist ein von Schönlein in Basel entdeckter Stoff (1839, vergl. Poggend. Annal. Bd. 50. S. 616), von welchem der Geruch herrührt, den man häufig in Begleitung der Electricität wahrnimmt. Berzelius und Schönlein haben sich dahin ausgesprochen, dass das Ozon eine Modification des Sauerstoffs sei, und deshalb bezeichnet man dasselbe auch als electrolysirten, oxylysirten, erregten, allotropischen oder activen Sauerstoff. Baumert hat nachzuweisen gesucht, dass das Ozon, wenigstens zum Theil, auch Wasserstoffhyperoxyd, also hydrogenige Säure sei. — Bringt man auf dem Conductor einer Electrisirmaschine eine Metallspitze an und hält einen mit Jodkaliumstärke bestrichenen und befeuchteten Papierstreifen vor die Spitze, während die Maschine in Thätigkeit ist, so wird der Streifen in Folge einer Zersetzung des Jodkalium durch das Ozon, so dass nun das freie Jod auf die Stärke wirken kann, blaugefärbt. — Thut man ein Stückchen Phosphor in ein Medicinfläschchen mit so viel Wasser, dass der Phosphor zur Hälfte bedeckt ist, so entwickelt die Luft in dem Fläschchen nach kurzer Zeit den Geruch nach Ozon und färbt ebenfalls einen Papierstreifen mit Jodkaliumstärke blau. — Bei der Electrolyse (s. d. Art.) entwickelt sich der Geruch am positiven Pole, wenn dieser aus Gold oder Platin besteht, und das Ozon scheidet sich gleichzeitig mit dem Sauerstoffe aus der electrolytischen Flüssigkeit ab. — Das Ozon übt

auf organische Stoffe eine dem Chlor sehr ähnliche Wirkung aus und findet sich stets in grösserer oder geringerer Menge in der atmosphärischen Luft.

Ozonometer, das, dient zur Bestimmung des Ozongehaltes der atmosphärischen Luft. Es besteht aus 12 Büscheln Streifen normalen Jodkaliumkleisterpapiers, von denen jeder 60 Streifen enthält und auf eine monatliche Beobachtung berechnet ist; ferner aus einer Farbenscala mit 10 Graden. Zum Behufe der Anstellung ozonometrischer Beobachtungen wird je auf einmal ein Streifen des Reagenzpapiers an einem Orte aufgehangen, zu welchem die Luft einen freien, das unmittelbare Sonnenlicht aber keinen Zutritt hat, und der möglichst fern ist von Oertlichkeiten, an denen sich ozonzerstörende Dämpfe oder Gase entwickeln, also namentlich von Düngerstätten. Die Dauer der Aussetzung eines Streifens währt 12 Stunden, worauf derselbe in Wasser getaucht wird. Die Färbung, welche der Streifen annimmt, vergleicht man mit der Farbenscala und trägt in das Beobachtungsjournal die Zahl der Scala ein, welcher die Färbung des Streifens gleich oder am nächsten kommt. — Den normalmässigen Kleister bereitet man durch Kochen aus zehn Theilen Stärke und 200 Theilen Wasser auf einen Theil Jodkalium. Mit diesem Kleister bestreicht man weisses Filtrirpapier und zerschneidet dies in 4 Zoll lange und $^{1}/_{3}$ Zoll breite Streifen, die man in verschlossenen Flaschen aufbewahrt.

P.

Pachometer nannte Benoit ein von ihm erfundenes Instrument zur Ausmessung der Glasdicke belegter Spiegel, welches indessen wenig Beifall gefunden hat.

Packeis nennt man eine aus vereinigt fortfliessenden Treibeisstücken bestehende Eismasse. S. Art. Eis.

Pallas, s. Art. Planeten.

Palme ist ein Längenmass und bedeutet soviel wie Spanne mit dem Daumen und kleinen Finger. Die Länge beträgt etwa 8 Zoll, ist aber in verschiedenen Ländern verschieden. In Aegypten und Palästina war eine Palme eine Handbreite und betrug $^{1}/_{4}$ Fuss; in Griechenland war sie 2 Zoll; in Rom wieder 3 Zoll. In England ist 1 foot = 4 palms; in Holland und Belgien 1 Palm = 1 Decimeter.

Pancakes oder Pfannkuchen nennt man in dem nördlichen Eismeere Eisschollen von etwa Fussdicke und mehreren Klaftern Umfang,



die durch Aneinanderstossen scheibenförmig werden und einen aufgeworfenen Rand erhalten. Vergl. Art. Eis.

Panflöte oder Papagenoflöte ist die schon im Alterthume bekannte Hirtenflöte, die ein Attribut des Pan war und aus einer Vereinigung mehrerer Röhren besteht, die an einem Ende geschlossen sind und verschiedene Länge haben, um in verschiedenen Tönen anzusprechen. wenn man mit dem Munde über das offene Ende, wie über einen hohlen Schlüssel bläst. Wegen des von der Röhrenlänge abhängenden Tones vergl. Art. Ton.

Pankratisch, alles beherrschend, nennt man Fernrohroculare und danach auch die ganzen damit versehenen Fernröhre, wenn die beiden äussersten Ocularglāser in einer eigenen Röhre befestigt sind, um sie gegen das Objectiv bewegen und dadurch die Vergrösserung ändern zu können. Vergl. Art. Fernrohr.

Panmelodion, s. Art. Clavicylinder.

Panorama, das, zeigt eine bildliche Darstellung aller Gegenstände, die man von einem bestimmten Punkte aus nach allen Seiten hin übersieht, auf verticalen, gewöhnlich in einem Cylinder um den Standpunkt des Beschauers aufgestellten Wänden, so dass man ein Rundgemälde vor sich hat. Die Zeichnung jeder Wand hat ihren bestimmten Augenpunkt und ist für diesen perspectivisch entworfen; es kommt daher darauf an, dass der Beobachter den diesem Augenpunkte entsprechenden Standpunkt in der Mitte des Cylinders wählt.

Pansterrad heisst ein unterschlächtiges Mühlrad (s. Art. Wasserrad) mit breiten Schaufeln, die gewöhnlich in zwei parallelen Ringen festsitzen, und mit einem Panster versehen, d. h. mit einer Vorrichtung, durch welche dasselbe mittelst eines Hebelwerkes oder mittelst Schrauben je nach dem verschiedenen Wasserstande gehoben oder gesenkt werden kann. Man wendet diese Räder gewöhnlich da an, wo viel Wasser von geringer Geschwindigkeit zu Gebote steht.

Pantelegraph, Caselli's, s. Art. Telegraph.

Pantograph ist das gewöhnlich Storchschnabel (s. d. Art.) genannte Instrument zum Copiren von Figuren in verkleinertem oder vergrössertem Massstabe.

Neuerdings (1864) ist von Charles Emmanuel in Paris ein astronomischer Pantograph construirt worden, der zugleich Theodolit, Aequatorial- und Ecliptikinstrument ist, mit dessen Hilfe man die Stellung der Sterne am Himmel vom dreifachen Standpunkte aus (Horizont, Aequator und Ecliptik) ohne alle Berechnung ermitteln kann. Mit dem Theodoliten (s. d. Art.) kann man nur die Azimuthe und Höhen der Sterne messen; mit dem Aequatorialinstrumente nur die Declination und gerade Aufsteigung der Sterne ermitteln; aber ein Ecliptikinstrument. um die Längen und Breiten der Sterne in Bezug auf die Ebene der Ecliptik direct zu messen, fehlte noch, vielmehr bedurfte man dazu

immer 2 Beobachtungen, die eine mit dem Theodoliten und die andere mit dem Aequatorialinstrumente, um mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie die Grössen zu berechnen. Der Pantograph soll dies überflüssig machen, indem man ohne Berechnung nach der Wahl entweder das Mass der Azimuthe und der Höhen der geraden Aufsteigungen und Declination, oder die Längen und Breiten auf den graduirten Kreisen ablesen kann. Das Instrument besteht im Wesentlichen aus 3 Kreisen auf einem Ständer. An dem unteren Theile der verticalen Ständeraxe ist ein verticaler nach unten liegender graduirter Halbkreis angebracht, um der oberhalb dieses Kreises gebrochenen Ständeraxe mittelst einer Schraube ohne Ende verschiedene Neigungen geben zu können. Der obere Theil der Ständeraxe trägt einen Theodoliten, also einen auf der Axe senkrecht stehenden Kreis, der also bei verticaler Stellung der Axe horizontal liegt, und über diesem einen zu dem vorigen Kreise senkrecht stehenden Kreis, der also vertical steht, wenn jener eine horizontale Lage hat, mit einem Fernrohre, welches seine Drehaxe in dem Mittelpunkte des Kreises hat.

Pantoedrisch, eine Bezeichnung der Grundformen der Krystalle. S. Art. Krystallographie. A.

Panydrometer, s. Art. Hygroklimax.

Papagenoflöte, s. Art. Panflöte.

Papin'scher Topf (so benannt nach dem Erfinder Dionysius Papin, Professor in Marburg (1681), und nicht Papinianischer Topf, wie man ihn hier und da nennt, denn Papinian war ein römischer Rechtsgelehrter) ist ein dicht verschlossenes Metallgefäss, in welchem man Wasser bis über den Siedepunkt, den dasselbe im offenen Gefässe erreicht, erhitzen kann, da der Druck der Dämpfe, die nicht entweichen können, das Sieden verhindert. Um gegen das Ueberhitzen und das Zersprengen des Topfes gesichert zu sein, ist ein Sicherheitsventil unumgänglich nothwendig. In neuerer Zeit sind diese Töpfe unter dem Namen Autoclaves wieder mehr in den Küchengebrauch gekommen. Vergl. Art. Digestor.

Parabel heisst eine zu den Kegelschnitten gehörige krumme Linie, welche man dadurch erhält, dass man einen Kegel durch eine Ebene schneidet, welche mit einer Kegelseite parallel läuft. Die Parabel schliesst sich nie, sondern ihre Schenkel entfernen sich je länger, desto weiter von der Axe. Die Gleichung der Curve ist $y^2 = ax$. Vergl. Art. Bewegungslehre. IV. 7. und Spiegel.

Paradox, sagt man, klinge ein Satz, der einen inneren Widerspruch zu enthalten scheint, aber dennoch richtig ist, z. B.: Eile mit Weile. Der Satz selbst heisst ein Paradoxon. In der Physik kennt man ein sogenanntes hydrostatisches Paradoxon, nämlich dass der Druck, welchen eine Flüssigkeit auf den Boden des Gefässes ausübt, nur von der Höhe der Flüssigkeit und nicht von der Menge derselben abhängig ist. Vergl. Art. Hydrostatik. C.



Paracusis Willisiana heisst der zuerst 1676 von Willis in zwei Beispielen beschriebene Fall der Schwerhörigkeit, dass Töne mittlerer Stärke nur dann wahrgenommen werden, wenn gleichzeitig ein starkes Geräusch von Trommeln, Glocken u. dergl. erregt wird.

Parallaktisches Instrument hiess ein schon von Ptolemäus angewandtes, aber jetzt nicht mehr gebräuchliches Instrument zu genauen Höhenbestimmungen und zur Ermittelung der Mondparallaxe. Das Instrument bestand aus einem gleichschenkeligen hölzernen Dreiecke. Die eine gleiche Seite wurde durch ein Loth vertical gestellt, in der Richtung der anderen nach dem Gestirne visirt und die dritte verschiebbare und eingetheilte gab dann die Sehne des Abstandswinkels vom Zenith.

Parallatisch heisst die Aufstellung eines Fernrohres, wenn es mit einer uhrwerkartigen Vorrichtung verbunden ist, so dass es auf ein Gestirn eingestellt, diesem folgt und es unverrückt im Gesichtsfelde behält. Das Fernrohr ist mit einer festen Axe verbunden, kann gegen diese unter jedem Winkel festgestellt werden, behält aber immer diesen Winkel, während es um die Axe herumgeführt wird. Bedingung ist hierbei, dass die feste Axe genau der Weltaxe parallel ist. Schon Scheiner hat sich einer solchen Einrichtung bedient.

Parallaxe heisst im Allgemeinen der Winkel, welchen zwei Gesichtslinien, die von zwei verschiedenen Standpunkten nach demselben festen Punkte oder gleichzeitig nach demselben in Bewegung begriffenen Punkte gehen, an dem anvisirten Punkte mit einander bilden. Ist der Abstand der Standpunkte von einander, d. h. die Standlinie, bekannt und misst man die Winkel, welche die Visirlinien mit der Standlinie bilden, so erhält man die Parallaxe, da das Dreieck durch eine Seite und die beiden anliegenden Winkel bestimmt ist, und damit auch die Entfernung des anvisirten Punktes von den Standpunkten. Ist das bestimmte Dreieck gleichschenkelig in den Visirlinien, so ist die Entfernung um so grösser, je kleiner die Parallaxe ist. — Nimmt man an, dass ein Gestirn im scheinbaren Horizonte eines Beobachters sich befindet, so nennt man den Winkel, welchen die von dem Standpunkte des Beobachters und von dem Mittelpunkte der Erde zu dem Gestirne gehenden Linien an demselben bilden, die Horizontalparallaxe desselben. Von dem Gestirne aus würde der Halbmesser der Erde unter diesem Winkel erscheinen. — Steht das Gestirn über dem Horizonte und behält man den Erdhalbmesser als Standlinie bei, so wird die Parallaxe um so kleiner, je mehr sich das Gestirn über den Horizont erhebt. In diesem Falle nennt man die Parallaxe die Höhenparallaxe. Zwischen Horizontal- und Höhenparallaxe findet die Beziehung statt, dass die Höhenparallaxe gleich ist dem Producte aus der Horizontalparallaxe und dem Sinus des Zenithabstandes. — Beobachten zwei auf verschiedenen Standpunkten in demselben Meridiane stehende Beobachter einen Planeten und einen und denselben Fixstern, wenn beide in dem Meridiane des

Beobachtungsortes stehen, und misst jeder den Abstand des Planeten von dem Fixsterne, so ist die Horizontalparallaxe gleich der Summe der Abstände des Planeten von dem Fixsterne dividirt durch die Summe der Sinus seiner Scheitelabstände. Hieraus ersieht man, wie sich die Horizontalparallaxe finden lässt, ungeachtet man nicht direct aus dem Mittelpunkte der Erde beobachten kann. — Wegen der Parallaxe der Fixsterne vergl. Art. Fixsterne.

Parallelkreis heisst auf der Erdkugel und ebenso an der scheinbaren Himmelskugel jeder Kreis, den man parallel dem Aequator gezogen annimmt.

Parallelogramm, a) der Beschleunigungen, s. Art. Bewegungslehre. IV. b. S. 96; b) der Geschwindigkeiten oder der Kräfte, s. desgl. IV. 3. a. S. 95; c) Watt's, s. Art. Dampfmaschine. S. 193.

Parallelopiped, s. Art. Prisma.

Parallelopiped Fresnel's, s. Art. Rhombus Fresnel's.

Parallelspiegel, s. Art. Spiegel. A.

Paramagnetismus bezeichnet im Gegensatze zu Diamagnetismus (s. d. Art.) das, was man gewöhnlich schlechthin Magnetismus (s. d. Art.) nennt.

Parameter bei Krystallen, s. Art. Krystallographie. A.

Paramorphose bezeichnet das gleichzeitige Auftreten eines dimorphen Körpers in beiden Formen, indem die eine sich in der Massenbeschaffenheit, die andere in der äusseren Gestaltung ausspricht. Frisch dargestellter Schwefel verhält sich in seiner inneren Beschaffenheit, wie die Spaltbarkeit zeigt, seiner äusseren Krystallform gemäss; aber nach der Abkühlung hat derselbe zwar noch äusserlich dieselbe Krystallform, im Inneren indessen ist eine Veränderung vorgegangen, wie schon daraus hervorgeht, dass der vorher durchsichtige Körper nun trübe und undurchsichtig wird. Das Innere ist in diesem Falle ein feinkörniges krystallinisches Aggregat von rhombischem (1- und 1axigen) Schwefel mit dem spec. Gewichte 2,05 geworden, während der frische Schwefel im 2- und 1gliedrigen Systeme (s. Art. Krystallographie. A.) krystallisirt und das sp. Gew. 1,98 besitzt. Die Ursache dieser Veränderungen hat man wohl in einer Temperaturveränderung zu suchen. Vergl. auch Art. Pseudomorphose.

Paries hat Göthe eine am westlichen Horizonte lagernde Wolkenbank genannt, die aus einer dichten Schicht von Cirrostraten besteht, während der östliche Himmel noch heiter ist. Es ist dies ein Zeichen, dass in den oberen Regionen Südwestwinde das Uebergewicht erhalten haben.

Paroptische Farben hat Göthe die bei Beugungsphänomenen auftretenden Farben genannt. S. Art. Inflexion. A.

Partial, soviel wie theilweis, z. B. eine partiale Mond- oder Sonnenfinsterniss.

Partikel hat Ampère von Molecül und Atom unterschieden. Nach ihm sind die Molecüle Verbindungen von Atomen; die Partikel hingegen bestehen wiederum aus Molecülen und haben, obgleich sie sehr klein sind, bereits die Aggregatform des ganzen Körpers. Die Atome betrachtet er als physische, mit attractiven und repulsiven Kräften begabte Punkte; die Molecüle als feste Polyeder.

Passageninstrument, Durchgangsinstrument, Mittagsfernrohr, Mittagsrohr heisst ein Fernrohr, welches so aufgestellt ist, dass man es in der Ebene des Meridians auf und ab bewegen kann, und welches daher dient, den Durchgang irgend eines Sternes durch den Meridian des Beobachtungsortes, d. h. die Culminationszeit desselben zu beobachten. Olaus Römer hat 1689 zuerst ein Fernrohr in dieser Weise aufgestellt. Eine Hauptsache ist, dass das Instrument unveränderlich fest steht. Deshalb sind die Pfeiler, welche die Axe tragen, nicht blos von Steinen, aus grossen Granitblöcken, zu errichten, sondern auch für sich zu fundamentiren, und dürfen mit den übrigen Theilen des Gebäudes in keiner Verbindung stehen, um nicht etwa durch Erschütterungen desselben ebenfalls eine Erschütterung zu erleiden. Das Fernrohr darf ferner nicht zu gross sein, damit es sich nicht durch sein eigenes Gewicht biege. Man sollte nicht über 6 Fuss Brennweite des Objectivglases hinausgehen. Die Axe muss nicht nur genau horizontal, sondern auch genau in der Richtung von Osten nach Westen liegen. Dazu kommt noch der Collimationsfehler (s. d. Art.), die richtige Construction der Axenzapfen, der Einfluss der Temperatur auf die verschiedenen Theile des Instrumentes. Gute Dienste zur Controlle leistet ein Meridianzeichen (s. d. Art.). Soll das Instrument nicht blos zur Bestimmung der Rectascensionen, sondern auch der Declinationen dienen, so ist überdies noch ein verticaler Kreis, ein sogenannter Meridiankreis erforderlich, an welchem man die Richtung des Rohres ablesen kann. — Uebrigens hat man auch tragbare Passageninstrumente construirt.

Passatdrift heisst die in der Gegend der Passatwinde durch diese Winde veranlasste Oberflächenströmung des Meeres. S. Art. Driftströmung.

Passate oder Passatwinde heissen die innerhalb der Tropen auf der nördlichen Halbkugel aus Nordosten und auf der südlichen aus Südosten wehenden constanten Winde, welche durch die sogenannte Gegend der Calmen von einander getrennt sind. Näheres enthält der Art. Wind.

Passatstaub heisst der zimmtfarbene Staub, welcher an den Westküsten des tropischen Afrika, namentlich zwischen Cap Bojador und Cap Blanco, eine so häufige Erscheinung ist, dass man wegen der dadurch

veranlassten Trübung der Luft die dortige Küste wohl als Nebelküste und die dortige Meeresgegend als Dunkelmeer oder Meer der Finsternisse bezeichnet. Dieser Staub enthält an chemischen Bestandtheilen: Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, kohlensaure Kalkerde, Talkerde, Kali, Natron, Kupferoxyd, Wasser und organische Materie, und besteht nach Ehrenberg's mikroskopischen Untersuchungen aus feinem Quarzsande und noch feinerem gelblichen oder röthlichen Mulm (überaus feinkörnigem Staube, *Gallionella ferruginea?*), zwischen denen sich zahlreiche organische Formen und Fragmente befinden. Einzeln, obwohl fast stets, lassen sich darin auch seltene Bimsteinfragmente, besonders aber grüne Krystallprismen erkennen, wie sie in vulcanischen Tuffen und Aschen häufig sind. Ebenso sind weisse in Salzsäure schnell auflösliche Kalkkrystalle fast stets einzeln zerstreut vorhanden. Das Organische besteht aus Polygastern, Phytolitherien, Polythalamien und weichen Pflanzentheilen. Von den 320 Arten dieser organischen Formen gehören nur wenige dem Meere, die Mehrzahl dem Süsswasser und dem Lande an; sie finden sich in mehreren Welttheilen und nicht blos in Afrika. Nordöstlich von dem Gebiete des ununterbrochenen Passatstaubfalls schliesst sich über Italien gegen Armenien hin in der Richtung des Mittelmeeres ein sporadischer Staubfall an, der sich bisweilen sogar bis Schweden und Russland erstreckt und wahrscheinlich in Asien — zwischen dem caspischen Meere und dem persischen Meerbusen durch ziehend — bis Turkistan und selbst bis China reicht. Seit 1803 ist der Passatstaub häufig untersucht worden und stets hat man die Mischung von derselben Art gefunden. Ehrenberg erklärt dies daraus, dass der Staubnebelstrom wohl schon Tausende von Jahren wirksam ist und dadurch eine gleichartige Mischung veranlasst haben werde.

Passatwinde, s. Art. Passate.

Passatwölkchen sind vereinzelte Wölkchen in den oberen Regionen der Atmosphäre innerhalb der Passatzone, während sonst der Himmel dort ganz klar ist. Diese Wölkchen ziehen nicht in der Richtung der Passatwinde, sondern derselben entgegengesetzt und bestätigen dadurch die oberhalb der Passatwinde entgegengesetzte Luftströmung, nämlich den von der Gegend der Calmen oben abfliessenden Aequatorialstrom. S. Art. Wind.

Passatzone hei[illegible] Gegend [illegible] fläche, in welcher die aus Nordost und Süd[illegible] constant herrschen. Im Allgemeinen [illegible] südlich von dem Aequator bi[illegible] Art. Wind.

Passe[illegible] Wassers in Wein ist [illegible] Flüssigkeiten in einan[illegible] specifischen Gewi[illegible] ner 1 bis

$1^1/_2$ Linie weiten und 8 bis 10 Zoll langen Glasröhre versehen ist, wird mit Wasser gefüllt und umgekehrt, also mit der Röhrenmündung, ohne dass Luft eindringen kann, in ein mit Rothwein gefülltes weites Glas getaucht. In Folge des ungleichen specifischen Gewichtes sinkt das Wasser herab und steigt der Rothwein empor, wobei man die beiden Strömungen in der Röhre wahrnehmen kann, so dass zuletzt die Kugel nur Wein enthält. Die Röhre muss unten schräg geschnitten sein, damit noch Wein in dieselbe eindringen kann, wenn sich bereits unten eine Wasserschicht gebildet hat.

Passivität der Metalle heisst ein eigenthümlicher Zustand chemischer Indifferenz, in welchen verschiedene Metalle unter gewissen Umständen versetzt werden. Eisen wird z. B. in gewöhnlicher Salpetersäure vom sp. Gew. 1,35 mit grosser Heftigkeit angegriffen, bringt man es aber nur kurze Zeit mit dem positiven Pole einer zusammengesetzten Kette in Berührung, so wird es von jener Säure nicht mehr angegriffen. Dieselbe Indifferenz erhält das Eisen, wenn man das eine Ende eines Eisendrahtes bis zum Rothglühen erhitzt und dann erkalten lässt. Biegt man hierbei den Draht so, dass gleichzeitig mit dem ersten Ende auch das andere in die Säure taucht, so verhält sich auch dies Ende in gleicher Weise. Ebenso ist es, wenn man einen Eisendraht mit einem Platindrahte berührt, oder wenn man einen Platindraht von dem negativen Pole und darauf einen Eisendraht von dem positiven Pole einer galvanischen Säule in Salpetersäure taucht. In diesen Zustand versetztes Eisen fällt kein Kupfer aus einer Auflösung von Kupfervitriol. Zugleich hat das Eisen in diesem Zustande seine Stelle in der electrischen Spannungsreihe verändert. Gewöhnliches Eisen ist nämlich zwar negativer als Zink, aber positiver als Kupfer: das Eisen in dem bezeichneten Zustande ist hingegen negativer als Kupfer und wirkt daher in Berührung mit Zink ungefähr ebenso stark electromotorisch wie Platin. — Das Eisen in diesem Zustande nennt man nun passiv und die ganze Erscheinung die Passivität desselben. Es ist hierbei, wie Faraday anfänglich meinte, das Eisen mit einer dünnen durchsichtigen Oxydschicht überzogen worden und diese schützt dasselbe gegen den Angriff der Säure; Mousson hingegen sprach sich dahin aus, dass sich an das in concentrirte Salpetersäure getauchte Eisen eine dünne Hülle der Säure angelegt habe und dasselbe unlöslich mache, woraus sich auch die electromotorische Veränderung erkläre. Faraday's Ansicht ist von mehreren Seiten vertheidigt worden, namentlich von Gmelin und Beetz; die Sache ist indessen noch nicht entschieden. Eine Hülle um das passive Eisen ist wohl jedenfalls vorhanden; aber woraus diese besteht, ist noch unentschieden. Wetzlar dachte an einen Ueberzug wie bei der Entstehung der Hauchbilder (s. d. Art.).

Die ersten Beobachtungen der Passivität reichen bis auf 1790

zurück, wo Keir bereits von einem derartigen Verhalten spricht; 1827 kam Wetzlar wieder auf die Erscheinung; aber besonders eingehend bearbeitete 1837 Schönbein in Basel das Verhalten des Eisens, und von diesem rührt auch die Bezeichnung Passivität her. — An anderen Metallen hat man die Passivität ebenfalls wahrgenommen, aber in schwächeren Graden als bei dem Eisen. Es gehört hierher das Wismuth, wenn es in Salpetersäure vom spec. Gew. 1,4 getaucht und mit einer grösseren Platinplatte berührt wird; ferner Zinn in Salpetersäure vom spec. Gew. 1,5, desgleichen in Salpetersäure vom spec. Gew. 1,47 bei Berührung mit einer Platinplatte; Kupfer verhält sich wie Zinn; Zink wird passiv durch Berührung mit Platin und ausserdem als positive Electrode.

Paternosterwerk heisst eine Wasserhebungsmaschine, die aus einer Kette ohne Ende besteht, auf welcher sich Kugeln, gepolsterte Bauschen oder Bretter in gleichmässigen Abständen von einander befinden, die durch einen verticalen Kasten, der mit dem unteren Ende in Wasser steht, in die Höhe gewunden werden; oben und unten sind Trommeln, über welche die Kette hinweggeht; das von den Kugeln etc. abgesperrte und gehobene Wasser fliesst oben ab. Besser wirken die Kastenwerke (s. d. Art.), da bei dem Paternosterwerke viel Wasser wegen des nicht genauen Anschlusses der Kugeln etc. wieder zurückfliesst.

Pauke, die, ist wie die Trommel ein Lärm-Instrument, welches sich auf die Schwingungen einer gespannten Membran gründet; die Membran ist über die Oeffnung eines metallenen Kessels gespannt und giebt um so höhere Töne, je grösser die Spannung ist. Es wird nur der Grundton benutzt, der bei einfachen Schlägen entsteht.

Paukenfell oder Trommelfell } s. Art. Ohr des Menschen.
Paukenhöhle oder Trommelhöhle }

Pedal heisst bei der Orgel die mit den Füssen bearbeitete Claviatur im Gegensatze zu dem mit den Händen behandelten Manuale. S. Art. Claviatur.

Pedometer oder Schrittzähler, s. Art. Hodometer. Der Uhrmacher Payne in London hat ein Taschen-Pedometer construirt, welches beim Gehen, Reiten und Fahren brauchbar sein soll und sich auf Pendelschwingungen gründet. Schiereck nennt auch ein Instrument, um den Flächeninhalt in Karten ohne Rechnung zu erhalten, Pedometer (vergl. Dingler's Journ. Bd. 82. S. 251).

Pegel nennt man einen vertical in einem Flusse aufgerichteten Massstab, an welchem man die Ab- und Zunahme des Wasserstandes erkennt.

Peilen heisst etwas abmessen oder beobachten. Der Seemann peilt den Grund, d. h. er misst die Tiefe der See mit dem Senkblei; er peilt die Sonne, d. h. er beobachtet mit dem Azimuthal-Compasse die

Gegend, in welcher sie steht; er peilt das Land, d. h. er bestimmt die Entfernung desselben von dem Schiffe und die Richtung, nach welcher hin es liegt, mittelst des Compasses.

Peltier's Kreuz ist ein Apparat, durch welchen der Nachweis geführt wird, dass durch den electrischen Strom nicht blos eine Temperaturerhöhung, sondern auch umgekehrt eine Temperaturerniedrigung veranlasst werden kann. Alle Wirkungen, welche der electrische Strom hervorzubringen vermag, können umgekehrt wieder einen electrischen Strom erzeugen, der jedoch in entgegengesetzter Richtung läuft. Es ist dies ähnlich wie in der Wärmelehre, insofern hier eine Temperaturerhöhung eine Zunahme des Volumens zur Folge hat und umgekehrt eine auf irgend eine andere Weise zu Stande gebrachte Zunahme des Volumens von einer Temperaturerniedrigung begleitet ist. Durch Wärme kann man einen electrischen Strom hervorrufen und umgekehrt durch einen electrischen Strom Wärme. Hierbei zeigt sich nun, dass, wenn durch Erwärmung einer Berührungsstelle zweier verschiedener Metalle ein Strom erzeugt wird, durch einen hydroelectrischen Strom, der die Berührungsstelle in derselben Richtung durchläuft, eine Temperaturerniedrigung herbeigeführt wird. Peltier hat dies zuerst nachgewiesen. Er löthete einen Antimon- und einen Wismuthstab in der Form eines Kreuzes über einander, verband zwei benachbarte Arme des Kreuzes mit einem constanten Elemente, so dass der electrische Strom von dem Wismuth durch die Löthstelle zu dem Antimon ging, und brachte das andere Armpaar mit einem Galvanometer in Verbindung. Sobald die Kette geschlossen wurde, zeigte das Galvanometer einen thermoelectrischen Strom an, der von dem Antimon durch die Löthstelle zum Wismuth ging, also nur durch eine Temperaturerniedrigung der Löthstelle hervorgebracht sein konnte. Ging der hydroelectrische Strom von dem Antimon durch die Löthstelle zu dem Wismuth, so deutete der im Galvanometer erzeugte Strom auf eine Temperaturerhöhung der Löthstelle. Bringt man an der Löthstelle eine Vertiefung an, giesst in diese etwas Quecksilber und taucht in dies die Kugel eines Thermometers, so fällt oder steigt das Thermometer, jenachdem der Strom läuft. Lenz hat sogar Wasser, welches nahe bis auf 0° C. erkältet war, in der Vertiefung an der Löthstelle zum Gefrieren gebracht, wobei er aber vorher das Kreuz selbstverständlich auch bis nahe auf 0° C. abgekühlt hatte. — Um die Temperaturerniedrigung nachzuweisen, hat man die verbundenen Stäbe auch luftdicht durch die Glaskugel eines Instrumentes geführt, welches wie ein Luftthermometer eingerichtet war.

Pendel heisst jeder nicht im Schwerpunkte unterstützte oder aufgehängte Körper, wenn er sich um die Unterstützungs- oder Aufhängungsstelle bewegen kann und aus der Ruhelage gebracht und sich selbst überlassen in Bewegung geräth. Bleibt die Aufhängungs- oder Unterstützungsstelle dieselbe, so ist das Pendel ein gewöhnliches, z. B.

das Uhrpendel, die Schaukel, der Tactmesser (Metronom); ist dieselbe aber veränderlich, so ein aussergewöhnliches und zwar ein wälzendes, wenn die Unterlage, auf welcher das Pendel sich bewegt, eben und die auf derselben aufliegende Fläche des Pendels convex ist, z. B. das Schaukelpferd und die gewöhnliche mit Gängeln an den Fussenden unterstützte, desgleichen die auf oben angebrachten und auf einem Gestelle mit geraden Schienen sich bewegenden Gängeln hängende Wiege, oder ein liegendes, wenn die Unterlage convex und die aufliegende Fläche eben ist, z. B. ein auf einem Cylinder liegender Balken, welcher die Cylinderaxe unter rechtem Winkel schneidet. Noch andere aussergewöhnliche Pendel würde man erhalten, wenn die in Berührung stehenden Stellen, die zur Unterstützung oder Aufhängung dienen, beiderseits Curven wären. Solche Pendel könnte man Pendel höherer Ordnung nennen. Zu den aussergewöhnlichen Pendeln gehört auch das Centrifugalpendel oder Kegelpendel oder conische Pendel, worüber der besondere Art. Centrifugalpendel das Nöthige enthält, ferner das Cycloidenpendel.

Ein aus einem physischen Körper gebildetes Pendel heisst ein zusammengesetztes oder physisches; ein aus einem System fest verbundener Punkte bestehendes, von denen aber nur ein einziger materiell ist und mithin Schwerkraft besitzt, ein einfaches oder mathematisches. — Ein mathematisches Pendel kann man sich nur denken, indessen sind die Gesetze desselben zunächst festzustellen, um von dem Verhalten eines einzigen schweren Punktes auf mehrere festverbundene einen Uebergang zu gewinnen. Eine an einem dünnen Faden aufgehängte Bleikugel kommt dem mathematischen gewöhnlichen Pendel sehr nahe und die Beobachtung eines solchen hat auch zunächst zu dem Ausgangspunkte der Pendeluntersuchungen gedient.

Ein Pendel kann nur dann in Ruhe sein, wenn seine Falllinie durch die Aufhängungs- oder Unterstützungsstelle geht. Bei einer Billardkugel soll dies bei jeder Lage derselben der Fall sein, so dass sie nie pendelt, weshalb ihr Schwerpunkt genau im Mittelpunkte liegen muss. Geht die Falllinie eines Pendels nicht durch die Aufhängung oder Unterstützung und wird dasselbe sich selbst überlassen, so fällt der Schwerpunkt herab, kommt an der tiefsten Stelle — also lothrecht zu der Aufhängungs- oder Unterstützungsstelle — mit derselben Geschwindigkeit an, als ob er vertical durch dieselbe Höhe gefallen wäre (s. Art. Ebene, schiefe. A. 2.), steigt auf der anderen Seite — in Folge des Beharrungsvermögens (s. d. Art.) empor, bis seine Geschwindigkeit Null wird, fällt dann in derselben Weise, wie vorher auf der anderen Seite, wieder herab, und bewegt sich also — wenn von allen Hindernissen abgesehen wird — ohne Aufhören hin und her. Den Weg von einem Wendepunkte des Pendels bis zum anderen nennt man eine einfache Schwingung; den von einem Wendepunkte bis zu demselben

zurück eine *ganze Schwingung* oder *Doppelschwingung*. Die zu einer Schwingung verbrauchte Zeit heisst *Schwingungszeit*, der Winkel, welchen die durch die Aufhängungs- oder Unterstützungsstelle gehende Verticale mit den nach einem Wendepunkte gehenden Graden bildet, *Ausschlagswinkel* oder *Elongationswinkel*; die Grösse dieses Winkels der *Ausschlag* oder die *Elongation*. — Machen Pendel in gleichen Zeiten gleichviel Schwingungen, so nennt man sie *isochronisch* oder *tautochronisch*.

A. *Das mathematische gewöhnliche oder einfache Pendel.* Es gilt von demselben Folgendes:

1) Der schwere Punkt bewegt sich in einem Kreisbogen, da er stets in demselben Abstande von der Aufhängung oder Unterstützung bleibt.

2) Die Bewegung ist ungleichförmig und zwar beim Herabfallen von einem Wendepunkte bis zur tiefsten Stelle ungleichförmig beschleunigt, bei dem Hinaufsteigen von der letzteren Stelle bis zu einem Wendepunkte ungleichförmig verzögert. Es wird nämlich der schwere Punkt beim Herabfallen von der Schwerkraft fortwährend, wenn auch mit abnehmender Stärke, angetrieben und beim Aufsteigen fortwährend mit zunehmender Stärke gehemmt. Dass die Grösse der Beschleunigung oder Verzögerung (s. Art. *Acceleration* und *Retardation*) veränderlich und $= g \, . \, sin \, \alpha$ ist, wenn α den Ausschlagswinkel bedeutet, welcher der betreffenden Stelle als Wendepunkt zukommen würde, und g die Acceleration beim freien Falle ist, ergiebt sich einfach, wenn man an der betreffenden Stelle die Acceleration beim freien Falle in zwei Componenten zerlegt, von denen die eine die Richtung der Tangente und die andere die Richtung von der Anfhängung oder Unterstützung her hat (s. Art. *Bewegungslehre*. IV. 10).

3) Selbstverständlich haben Pendel von gleicher Pendellänge und gleichem anfänglichen Ausschlagswinkel gleiche Schwingungszeiten; aber von zwei verschieden langen Pendeln, welche mit gleichem anfänglichen Ausschlagswinkel schwingen, hat das kürzere eine kleinere Schwingungszeit, schwingt also schneller.

4) Die Pendellängen verhalten sich überhaupt wie die Quadrate der Schwingungszeiten, also auch umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszahlen, d. h. ein Pendel, welches doppelt so schnell schwingen soll als ein anderes, muss 4 mal kürzer, und welches dreimal so schnell schwingen soll, 9 mal kürzer sein, etc. — Bezeichnet T die Schwingungszeit, L die Entfernung des schweren Punktes von der Aufhängungs- oder Unterstützungsstelle, d. h. die Länge, und N die in einer gewissen Zeit gemachten Schwingungen, so ist:

$$L : l = T^2 : t^2 = n^2 : N^2 \text{ und } T : t = n : N = \sqrt{L} : \sqrt{l}.$$

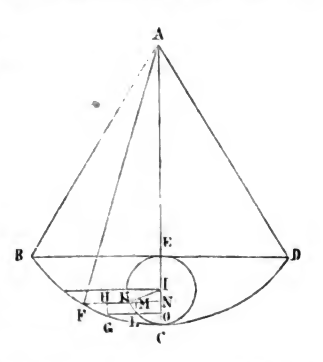
5) Ist der Ausschlagswinkel höchstens 5 Grad, so findet man die



Schwingungszeit für eine einfache Schwingung $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; allgemein ist dieselbe aber

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + (1/2)^2 \frac{u}{2l} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{u}{2l}\right)^2 + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \left(\frac{u}{2l}\right)^3 + \ldots\right],$$

wo $u = 1 - \cos\alpha$ oder der sogenannte *sinus versus* ist, wenn α den Ausschlagswinkel bezeichnet. — Die mathematische Ableitung der allgemeinen Zeitgleichung überschreitet die von uns angenommenen Grenzen; die Gleichung $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ergiebt sich aber auf folgende Weise. Es sei in nebenstehender Figur A der Aufhängepunkt; B der schwere, schwingende Punkt, also BCD der Kreisbogen, den B um A mit dem Radius $AB = l$ durchschwingt; B und D seien die Wendepunkte, also BED horizontal; AEC sei senkrecht auf BD, halbire also $\angle BAD$ und BCD in C, so dass $\angle BAC = \alpha$ ist. Man beschreibe über EC als Durchmesser einen Kreis; nehme den beliebigen Punkt F auf BC an; ziehe FN parallel BD, welche den Kreis in K schneidet; nehme F als Mittelpunkt eines unendlich kleinen Bogenstückes an, so dass FG die eine Hälfte desselben ist; ziehe GO, welches den kleinen Kreis in L schneidet, ebenfalls parallel BD; fälle GH und LM senkrecht auf FN; verbinde K mit dem Mittelpunkte I des Kreises. Setzt man das halbe Bogenstück $FG = a$, den Bogen $KL = a_1$, $CE = b$, $EN = h$ und nimmt an, dass EC im Verhältniss zu der Länge des Pendels AB oder AC sehr klein sei; so erhält man $\triangle FNA \sim \triangle FGH$, da FG als gerade Linie und als Tangente im Berührungspunkte F betrachtet werden kann, also $\angle GFH = \angle FAN$ wird. Folglich ist $FG : GH = FA : FN$, also $FG = \frac{GH . FA}{FN}$ oder $a = l . \frac{GH}{FN}$. Ebenso ist $\triangle IKN \sim \triangle KLM$ und folglich $KL : LM = KI : KN$, also $KL = \frac{LM . KI}{KN}$ oder $a_1 = 1/2\, b . \frac{LM}{KN}$. Aus diesen beiden Werthen für



a und a_1 erhält man $\frac{a}{a_1} = \frac{l}{{}^1/_2 b} \cdot \frac{KN}{FN}$, da $GH = LM$ ist. Folglich ist auch $\frac{a^2}{a_1^2} = \frac{4l^2}{b^2} \cdot \frac{KN^2}{FN^2}$. Nun ist aber EC gegen AC sehr klein vorausgesetzt und noch mehr ist dies daher mit CN der Fall; folglich ist $FN^2 = CN\,(NA + CA) = 2l\,.\,CN$ und $KN^2 = CN\,.\,NE = h\,.\,CN$. Mithin ist $\frac{a^2}{a_1^2} = \frac{4l^2}{b^2} \cdot \frac{h}{2l} = \frac{2lh}{b^2}$. Ist nun der Punkt B bis F herabgefallen, so hat er eine Geschwindigkeit $c = \sqrt{2gh}$ erlangt (s. Art. Ebene, schiefe. A. 2.). Zum Durchlaufen des kleinen Bogenstückes a wird eine unendlich kleine Zeit t' erforderlich sein, während welcher die Bewegung als gleichförmig angenommen werden kann; es wird also $a = ct'$ oder $= t'\sqrt{2gh}$ sein. Wir erhalten also aus $\frac{a^2}{a_1^2} = \frac{2lh}{b^2}$ jetzt $\frac{t'^2 . 2gh}{a_1^2} = \frac{2lh}{b^2}$ oder $t' = \frac{a_1}{b}\sqrt{\frac{l}{g}}$. Zum Durchlaufen eines folgenden Bogenstückes von derselben Grösse, wenn man das dazugehörige $LM = a_{,,}$ setzt, würde die Zeit $t'' = \frac{a_{,,}}{b}\sqrt{\frac{l}{g}}$ erforderlich sein; zu einem darauf folgenden $t''' = \frac{a_{,,,}}{b}\sqrt{\frac{l}{g}}$ etc. Wir erhalten also zum Durchlaufen aller Bogenstücke von B bis C die Zeit $t = t' + t'' + t''' \ldots = \frac{a_1}{b}\sqrt{\frac{l}{g}} + \frac{a_{,,}}{b}\sqrt{\frac{l}{g}} + \ldots\ldots = \frac{a_{,} + a_{,,} + a_{,,,} \ldots}{b}\sqrt{\frac{l}{g}}$. Nun ist aber $(a' + a'' + a''' \ldots.)$ die Länge des halben Kreisbogens EKC, also $= {}^1/_2 b\pi$; folglich $t = {}^1/_2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Dies ist die Zeit zum Herabfallen des Punktes B bis C, aber zum Aufsteigen von C bis D ist gerade ebensoviel Zeit erforderlich; folglich ist die ganze Zeit zu einer einfachen Schwingung $= \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Hieraus ergiebt sich bei ungeändertem g, also an demselben Orte, für Pendel von der Länge L und l die unter (4) aufgestellte Proportion

$$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}.$$

6) Berechnet man die Schwingungszeiten für ein Pendel von der Länge l nach der allgemeinen Formel für $\alpha = 1^0$, 2^0 bis 5^0, so erhält man

für 1^0 $t = 1{,}000019\ \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

,, 2^0 ,, $= 1{,}000076$,, ,,

$$\text{für } 3^0 \quad t = 1{,}000146 \; \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$
$$\text{„ } 4^0 \text{ „} = 1{,}000304 \text{ „ „}$$
$$\text{„ } 5^0 \text{ „} = 1{,}000481 \text{ „ „}$$

Man sieht also, dass für diese Ausschlagswinkel die Schwingungszeiten fast von gleicher Grösse sind. Es hat daher eine kleine Aenderung in der Grösse des Ausschlagswinkels keinen bemerklichen Einfluss auf die Schwingungszeit, und man kann deshalb in solchem Falle die Schwingungen als isochron annehmen.

7) Die vorstehenden Gesetze — allerdings ohne die mathematische Begründung — fand Galilei bereits als Student. Es wird erzählt, dass derselbe eines Tages zu Pisa in dem Dome gewesen sei, um die Messe anzuhören. Ein Luftzug setzte einen von dem hohen Gewölbe herabhängenden Kronleuchter, der jetzt mit einem gewissen Stolze den Fremden gezeigt wird und sich dadurch auszeichnet, dass an seinen Armen wieder kleinere Kronleuchter hängen, in Bewegung. Galilei, der wohl wenig mit seinen Gedanken sich am Gottesdienste betheiligte, fand ein besonderes Vergnügen daran, die Schwingungen zu beobachten, und soll namentlich die Pulsschläge gezählt haben, welche auf eine Schwingung kamen. Hierbei ergab sich das Auffallende des Isochronismus, als die Schwingungen ihre Grösse veränderten; soviel steht jedenfalls fest, dass Galilei durch die Schwingungen des Kronleuchters veranlasst wurde, die Gesetze der Pendelschwingungen experimentell zu erforschen. Er versetzte zwei an Fäden hängende Metallkugeln in Schwingungen und stellte sich die Aufgabe, zu ermitteln, wie vielmal kürzer das eine Pendel sein müsse, wenn es 2mal, 3mal etc. schneller schwingen solle, als das andere. Hierbei fand er das Verhältniss $L : l = T^2 : t^2 = n^2 : N^2$. Damit nicht zufrieden, hing er Körper von verschiedenem Stoffe, verschiedener Form und verschiedenem Volumen an und entdeckte, dass die Schwingungszeit dadurch nicht geändert wurde, wenn nur die Länge dieselbe blieb. Er schloss hieraus, dass die Schwingungszeit eines Pendels unabhängig sei von der Form, dem Stoffe und dem Volumen der schwingenden Körper, und sprach nun als der Erste aus, dass für alle Körper die Schwerkraft dieselbe sei oder dass alle Körper gleich schwer seien. Dies stand mit den damals herrschenden Ansichten in grellem Widerspruche und veranlasste die bekannten Fallversuche auf dem schiefen Thurme zu Pisa. Huyghens experimentirte später in derselben Weise wie Galilei. Der Faden war von Aloe. Bouguer und Condamine nahmen statt der Kugel zwei mit ihren Grundflächen vereinigte abgestumpfte Kegel. De Borda benutzte eine genau abgedrehte Platinkugel, auf welche eine genau nach demselben Halbmesser gearbeitete Kappe passte, die mit etwas Fett bestrichen an der Kugel haftete und an einem dünnen silbernen Drahte aufgehängt war. An der oberen Befestigung des Drahtes waren noch



besondere Vorrichtungen, um die Versuche mit grösster Genauigkeit anzustellen.

8) Ein Pendel, dessen Schwingungszeit gerade eine Secunde beträgt, heisst ein **Secundenpendel**. Für die Länge eines solchen giebt die unter (5) gefundene Formel für kleine Ausschlagswinkel $l = \frac{g}{\pi^2}$.

9) An verschiedenen Orten hat dasselbe Pendel — wozu namentlich Richer's Beobachtungen auf Cayenne (1671) den Anstoss gaben: vergl. Art. Abplattung — nur dann dieselbe Schwingungszeit, wenn die Beschleunigung beim freien Falle dieselbe geblieben ist. Ist dies nicht der Fall, so verhalten sich die Schwingungszeiten desselben Pendels umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Grössen der Beschleunigung beim freien Falle; denn die Formel unter (5) giebt dann:

$$t : t_1 = \sqrt{g_1} : \sqrt{g} = n_1 : n \text{ und } g : g_1 = t_1^2 : t^2 = n^2 : n_1^2.$$

10) Für verschiedene Orte ist überhaupt: $l : l_1 = gt^2 : g_1 t_1^2$.

11) Daraus folgt, dass das Pendel ganz besonders geeignet ist, die Grösse der Beschleunigung beim freien Falle für verschiedene Orte zu ermitteln; denn es ist $g = l\left(\frac{\pi}{t}\right)^2$ und bei einem Secundenpendel $g = l \, . \, \pi^2$. Im Mittel hat das Secundenpendel eine Länge von $36\frac{2}{3}$ preuss. Zoll. In Spitzbergen (79° 49′ 48″) beträgt die Länge 996,03, in Petersburg (59° 56′ 21″) 994,91; in London (51° 31′ 8″) 994,12; in Köln (50° 55′ 21″) 993,89; in New-York (40° 42′ 43″) 993,15 und auf St. Thomas (0° 24′ 21″) 991,11 Millimeter. In Berlin wurde die Länge des einfachen Secundenpendels 1839 durch Bessel im Garten der Sternwarte in einer Höhe von 110,35 Fuss über dem Meere gleich 3 Fuss 2 Zoll 0,1626 Linien preuss. Masses gefunden. Wegen der Acceleration beim freien Falle s. Art. Fall, freier. I. 3. Vergl. auch Art. Reversionspendel.

B. Das physische gewöhnliche Pendel. Die unter (A) angegebenen Gesetze gelten nur für das mathematische Pendel, welches — wie schon gesagt ist — sich nur annähernd durch ein Fadenpendel, d. h. durch einen an einem dünnen Faden hängenden specifisch schweren Körper darstellen lässt. Anders ist es mit dem physischen Pendel. Wird ein physisches gewöhnliches Pendel aus seiner Ruhelage gebracht und sich selbst überlassen, so macht es ebenfalls Schwingungen. Da hier jedoch jedes Massentheilchen wie ein einfaches Pendel schwingen will, dessen Länge der Entfernung des Theilchens von der Aufhänge- oder Unterstützungsstelle gleich ist, so werden die verschieden liegenden Theilchen sehr verschiedene Schwingungszeiten erstreben, aber wegen der festen Verbindung unter einander nicht erhalten, namentlich werden die entfernteren Theilchen durch die näheren beschleunigt und diese durch jene verzögert; hierzu kommt noch, dass

während die Theilchen auf der einen Seite einer durch die Aufhänge- oder Unterstützungsstelle senkrecht zur Schwingungsebene gelegten Verticalebene fallen, die auf der anderen steigen, mithin die letzteren die ersteren in ihrer Bewegung verzögern. Trotz dieser verschiedenen Einwirkungen wird ein solches Pendel Schwingungen von bestimmter Dauer machen, wenn die relative Lage der Theilchen ungeändert bleibt.

Bestimmt man den Durchschnitt des physischen gewöhnlichen Pendels in seiner Ruhelage durch die Verticalebene, welche durch die Aufhänge- oder Unterstützungsstelle geht und auf der Schwingungsebene senkrecht steht, so lässt sich in demselben eine Linie ermitteln, welche als Drehungsaxe genommen, Schwingungen von derselben Dauer giebt, wie vorher. Ein einfaches Pendel von der Länge des Abstandes dieser Drehungsaxe von der ursprünglichen würde also mit dem physischen isochron schwingen. Man bezieht daher alles, was die Schwingungen des physischen Pendels betrifft, auf dies isochrone einfache, setzt dies geradezu an seine Stelle, oder reducirt das physische auf das einfache. Fragt man also nach der Länge eines physischen gewöhnlichen Pendels, so giebt man die Länge des reducirten an.

Ist ein physisches Pendel um eine Drehaxe beweglich, so nennt man die Linie, in welcher die isochrone Drehaxe liegen würde, die Schwingungsaxe des Pendels. Der Punkt der Schwingungsaxe, welcher in der durch den Schwerpunkt gehenden und mit der Schwingungsebene parallelen Verticalen liegt, heisst der Schwingungspunkt. Der Schwingungspunkt liegt von der Drehaxe weiter ab, als der Schwerpunkt. Ein physisches Pendel, an welchem die beiden Schwingungsaxen bestimmt sind, so dass man sowohl die eine, als die andere zur Drehaxe nehmen kann, heisst — weil es eben in umgekehrter Lage keinen Unterschied in der Schwingung zeigt — ein Reversionspendel. Bohnenberger hat 1811 zuerst den Vorschlag zu solchen Pendeln gemacht und Kater hat ihn zuerst ausgeführt, wiewohl schon Huyghens den Schwingungspunkt kannte. Wegen der Ausführung vergl. Art. Reversionspendel. Um das Verhalten eines Reversionspendels noch mehr zu erläutern, wollen wir einen geraden Holzstab von einem Fuss Länge und durchweg gleichgrossem Querschnitte nehmen und in der Entfernung von einem Zolle von jedem Ende durchbohren. Lassen sich diese Bedingungen genau erfüllen, ist namentlich auch der Stab von durchweg gleicher Dichtigkeit, so wird es gleichgültig sein, durch welche Durchbohrung man einen Stift steckt, um welchen er dann schwingt. Es ist also so, als ob man ein mathematisches Pendel hätte, dessen Länge gleich der Entfernung der beiden Durchbohrungen von einander wäre, also in diesem Falle von 10 Zoll Länge. Man würde also von dem Stabe sagen, er habe eine Pendellänge von 10 Zoll: aber diese wäre bei demselben Stabe auch 9 Zoll gewesen, wenn die Durchbohrungen in einem Abstande von 1½ Zoll von jedem Ende angebracht

worden wären. Je näher man indessen mit den Durchbohrungen dem Schwerpunkte bei Ueberschreitung eines gewissen Abstandes kommt, desto langsamer werden die Schwingungen.

Durch ein Reversionspendel erhält man ein Mittel, die zu einem bestimmten mathematischen Pendel gehörige Schwingungszeit mit möglichster Genauigkeit zu bestimmen, und somit gewinnt man dadurch die Grössen, welche nach (A. 11.) zur Berechnung der Beschleunigung beim freien Falle erforderlich sind.

Eine Hauptverwendung hat das Pendel durch Huyghens als Regulator an den Räderuhren gefunden. Vergl. Art. Uhr. C. Ueber Foucault's Versuche, durch ein Pendel die Axendrehung der Erde nachzuweisen, s. E. dieses Artikels.

Bessel berechnete, wie schon früher von Hatton vorgeschlagen war, die Länge des Secundenpendels aus den beobachteten Schwingungszeiten zweier Pendel, deren Längendifferenz gemessen war. Hat das eine Pendel die Länge x und macht es in einer Stunde n Schwingungen, das andere die Länge $x + a$ mit n_1 Schwingungen in derselben Zeit, so ist $x : (x + a) = n_1^2 : n^2$, also $x = \frac{n_1^2 a}{n^2 - n_1^2}$. Ist nun die Länge des Secundenpendels l, so erhält man, da dies in einer Stunde 3600 Schwingungen macht, $x : l = 3600^2 : n^2$, also

$$l = \frac{n^2 \cdot n_1^2 \cdot a}{3600^2 (n^2 - n_1^2)}.$$

C. Das aussergewöhnliche Pendel. Von dem aussergewöhnlichen Pendel, welches nach der Beschaffenheit der zur veränderlichen Berührung kommenden Flächen sehr verschieden sein kann, sollen hier nur einige Angaben über den Fall eine Stelle finden, wenn die eine Berührungsfläche eben und die andere kreisförmig gekrümmt ist, und überdies soll nur auf das mathematische Pendel Bezug genommen werden.

1) Bei dem mathematischen aussergewöhnlichen Pendel kann der schwere Punkt sowohl unter als über der Berührungsstelle in der Ruhelage liegen.

2) Bei dem wälzenden mathematischen Pendel mit kreisförmiger Berührungsfläche muss der schwere Punkt noch unter dem Mittelpunkte des Kreises, nach welchem die wälzende Fläche gekrümmt ist, sich befinden. Der Ausschlagswinkel kann, wie bei dem gewöhnlichen Pendel, bis an 180 Grad gross werden. Es gehört hierher das Schaukelpferd und die Wiege.

3) Bei dem liegenden mathematischen Pendel mit kreisförmiger Berührungsfläche ist der jedesmalige grösste Ausschlagswinkel von der Lage des schweren Punktes abhängig. Bezeichnen wir den Abstand des schweren Punktes von der Berührungsstelle in der Ruhelage mit S, und nehmen wir denselben positiv für die Lage des Punktes über und

negativ für die unter der Berührungsstelle; bezeichnen wir ferner den Ausschlagswinkel mit x und den zugehörigen Bogen auf der kreisförmigen Unterlage, also rx, mit b: so muss $S \cdot tgs\,x$ kleiner als b sein. Liegt also der schwere Punkt in der Berührungsstelle, so darf der Ausschlagswinkel höchstens bis an 90 Grad wachsen; liegt er über derselben, so wird der grösste Ausschlagswinkel um so kleiner, je höher der Punkt liegt.

4) Der schwere Punkt beschreibt bei dem mathematischen aussergewöhnlichen Pendel eine cycloidische Bahn. Es besteht dieselbe in zwei aufsteigenden Aesten der gewöhnlichen Cycloide, wenn der schwere Punkt im Berührungspunkte der Ruhelage liegt; befindet sich derselbe tiefer, so erhält man die verkürzte oder verschlungene Cycloide, und befindet er sich höher, so die gedehnte oder geschweifte Cycloide.

D. Das Cycloidenpendel ist ein Pendel, dessen Schwingungspunkt sich nicht in einem Kreisbogen, sondern in einem Cycloidenbogen bewegt von einer Cycloide, die durch Abwälzung eines Kreises auf einer horizontalen Bahn entstanden ist. Nehmen wir den Halbmesser des sich wälzenden Kreises $= r$ an, so ergiebt die mathematische — auf Integration sich gründende — Ableitung die Zeit einer ganzen einfachen Schwingung $t = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}}$. Da dieser Werth unabhängig von dem Ausschlagswinkel ist, im Gegensatze zu der allgemeinen Zeitgleichung für das Kreispendel (s. A. 5.), so folgt daraus, dass bei dem Cycloidenpendel alle Schwingungen isochron sind. — Ein einfaches Cycloidenpendel herzustellen, benutzt man die Eigenschaft der Cycloide, dass ihre Evolvente ebenfalls eine Cycloide und zwar eine derselben congruente ist. Denkt man sich an einer Horizontalen von einem Punkte aus nach beiden Seiten nach unten hin halbe Cycloiden abgehend und von demselben Punkte einen schwerlosen, aber an seinem Ende mit einem schweren Punkte versehenen Faden herabhängend, der gerade die Länge einer halben Cycloide hat, und führt den schweren Punkt am angespannten Faden in der verticalen Ebene der Cycloiden seitwärts, so legt sich der Faden an die Cycloiden immer mehr an und der schwere Punkt durchläuft eine Cycloide. Lässt man den schweren Punkt, nachdem er seitwärts gezogen ist, los, so durchschwingt er eine Cycloide. Davon, dass der Faden sich an die halben Cycloiden anlegt oder aufwickelt und andererseits sich abwickelt, hat die Curve des schweren Punktes den Namen Evolvente erhalten, während man die Curve, auf welcher das Auf- und Abwickeln erfolgt, Evolute heisst.

D. Das ballistische Pendel dient zur Bestimmung der Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln. Es besteht aus einer schweren Masse, die gewöhnlich aus einem hölzernen, mit Thon gefüllten Kasten gebildet wird, der um eine horizontale Axe pendelartig schwingen kann

und mit derselben in geeigneter Weise verbunden ist. Gegen den in Ruhe hängenden Kasten wird eine Kanonenkugel geschossen. Der Kasten muss so gross sein, dass die in ihn eingedrungene Kugel in ihm stecken bleibt. Das Pendel wird durch den Stoss in Bewegung gesetzt und aus der Grösse des ersten Ausschlagswinkels und aus den Grössen- und Gewichtsverhältnissen des Pendels und der Kugel lässt sich unter Anwendung der Gesetze des Stosses und der Pendelbewegung die ursprüngliche Geschwindigkeit der Kugel berechnen.

E. Foucault's Pendelversuch. Ein frei schwingendes einfaches oder gewöhnliches Pendel, d. h. ein so aufgehängtes, dass die Schwingungsebene jede beliebige Lage zu den Himmelsgegenden annehmen kann, hat in Folge des Beharrungsvermögens das Bestreben, seine Schwingungsebene in der Richtung zu halten, welche dieselbe beim Beginne des Schwingens einnahm. Diese Eigenschaft des Pendels hat der französische Physiker Leon Foucault 1851 benutzt, um einen experimentellen Beweis für die Axendrehung der Erde zu liefern.

Um zunächst eine Vorstellung von dem Verhalten eines solchen Pendels zu gewinnen, verschaffe man sich auf einer um ihre Mitte drehbaren Scheibe ein festes Gestell, welches z. B. die Form eines gleichschenkeligen Dreiecks von einigen Fuss Höhe hat oder auch nur aus einem eben so hohen festen Bügel besteht. An dem höchsten Punkte des Gestelles befestige man einen Haken und hänge in diesen ein möglichst schweres Fadenpendel. Es leuchtet ein, dass man diesem Pendel jede beliebige Lage der Schwingungsebene geben kann. Nun ziehe man durch den Punkt der Scheibe, welchen der Faden des Pendels in der Ruhelage treffen würde, Gradlinien, indem man diesen Punkt zum Mittelpunkte eines Kreises macht und diesen eintheilt. Gesetzt man gebe der Schwingungsebene des Pendels die Richtung von 0 zu 180 und drehe darauf die Scheibe langsam in der Richtung von 90 nach 0 hin, so rückt die Schwingungsebene in derselben Weise von 0 nach 90. Es hat also die Schwingungsebene ihre Richtung beibehalten. Eine Drehung der Scheibe bringt also eine scheinbare Drehung der Schwingungsebene in entgegengesetzter Richtung hervor.

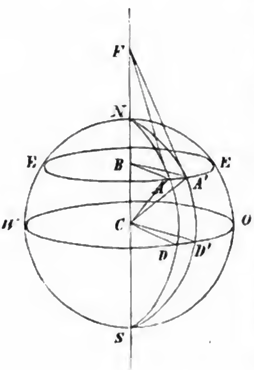
Würde man einen solchen Apparat über dem einen Erdpole, z. B. über dem Nordpole aufstellen, so würde man nicht nöthig haben die Scheibe zu drehen, da die ungeändert stehenbleibende Scheibe schon in Folge der Rotation der Erde eine Drehung von Westen nach Osten erhält; es würde also an dem Erdpole die Schwingungsebene eine scheinbare Bewegung von Osten nach Westen machen und im Verlaufe einer Umdrehung der Erde um ihre Axe einen vollen Umlauf zurücklegen. — Stellt man hingegen den Apparat gerade unter dem Aequator der Erde auf und nimmt z. B. an, dass die Schwingungsebene beim Beginne des Schwingens die Richtung von Süden nach Norden habe, so wird, da die Rotationsrichtung der Erde zu der Lage der Schwingungsebene un-

geändert bleibt, auch die letztere ihre Lage ungeändert beibehalten. Dasselbe würde auch eintreten, wenn die anfängliche Lage der Schwingungsebene nicht von Süden nach Norden ginge. — An einer Stelle zwischen dem Aequator und einem Pole würde nun das Ergebniss ein mittleres sein, d. h. die Schwingungsebene würde keinen ganzen Umlauf während einer Rotation der Erde durchlaufen, aber auch nicht ungeändert bleiben, sondern eine theilweise Veränderung erleiden und zwar eine um so bedeutendere, je näher die Beobachtungsstelle an einem Pole gewählt worden wäre.

Foucault hat nun zuerst den Gedanken ausgesprochen, dass das thatsächliche Eintreten dieser Erscheinung ein Beweis für die Axendrehung der Erde sein würde, und auch diesen experimentellen Nachweis zuerst geliefert. Den ersten Versuch stellte er in einem Kellergewölbe an mit einer 5 Kilogramm (10 Npfd.) wiegenden Messingkugel an einem 2 Meter langen Stahldrahte. Darauf wiederholte er den Versuch im Meridiansaale der Sternwarte zu Paris mit einem Pendel von 11 Meter Länge. Ein dritter Versuch wurde 1852 an einem Pendel von 67 Meter Länge im Pantheon zu Paris ausgeführt, bei welchem die Kugel 28 Kilogramme wog. Der Versuch ist darauf an mehreren Orten wiederholt worden, namentlich von Garthe im Kölner Dome, und hat das erwartete Resultat geliefert. Die Kugel lässt man gewöhnlich in eine feine Spitze auslaufen, welche gewissermassen die Verlängerung des Aufhängefadens bildet; unter das Pendel in seiner Ruhelage kommt ein möglichst grosser eingetheilter, mit Radien bezeichneter Kreis, dessen Mittelpunkt genau unter der ruhenden Spitze liegt; darauf schleift man um die Kugel einen Zwirn- oder Seidenfaden, zieht die Kugel aus der Ruhelage, befestigt den Faden an einer festen Stelle (Wand) und brennt, wenn völlige Ruhe eingetreten ist, den Faden durch. Es versteht sich von selbst, dass bei einem solchen Versuche jede Luftbewegung vermieden werden muss, weshalb auch die beobachtenden Personen ihren eingenommenen Platz während desselben nicht verändern dürfen, was überdies zur genaueren Beobachtung der eintretenden Veränderung in der Lage der Schwingungsebene dienlich ist. Die Aufhängung des Drahtes geschieht am einfachsten und sichersten dadurch, dass man denselben mit seinem oberen Ende in einem eisernen oder stählernen Körper, dessen freie Fläche vollkommen eben und horizontal ist, einklemmt.

Es fragt sich nun, wie gross die scheinbare Drehung der Schwingungsebene in einer bestimmten Breite sein wird. Es stelle in beifolgender Figur $NOSW$ die Erdkugel vor. NS sei die Axe, OW der Aequator, C der Mittelpunkt, A ein Ort auf dem Parallelkreise EE, dessen geographische Breite durch den Winkel $ACD = \alpha$ gemessen werde und dessen Mittelpunkt B sei. $NADS$ ist dann der Meridian des Ortes A, die Tangente des Meridians in A ist die Nordlinie des Horizontes und diese schneide die Erdaxe in F. Dreht sich die Erde

etwas, also in der Richtung von *W* nach *O*, so dass *A* nach *A'* kommt, dann ist die Nordlinie des Horizonts aus der Lage *AF* in die Lage *A'F* übergegangen, hat sich also um den Winkel *AFA'* gedreht, während die Erde sich um den Winkel *DCD'* = *ABA'* gedreht hat. Nun ist Winkel *ABC* = *FAC* = *BCD* = 90°, folglich ist Winkel *AFB* = *BAC* = *ACD*, d. h. gleich der geographischen Breite α des Ortes *A*. In den Dreiecken *AFA'* und *ABA'*, welche *AA'* gemeinschaftlich haben, ist $AA' = AB \cdot \frac{\angle ABA'}{360}$ und auch $= AF \cdot \frac{\angle AFA'}{360}$, da man den kleinen Bogen *AA'* des Parallelkreises auch als einen Bogen eines mit *AF* um *F* geschlagenen Kreises annehmen kann; folglich verhält sich $AF : AB = \angle ABA' : \angle AFA'$. Es ist aber $AB = AF \cdot \sin AFB = AF \cdot \sin \alpha$; folglich ist $1 : \sin \alpha = \angle ABA' : \angle AFA'$ und $\angle AFA' = \angle ABA' \cdot \sin \alpha$. Nun ist aber $\angle AFA'$ der Winkel, um welchen sich die Schwingungsebene des Pendels in Bezug auf den Meridian gedreht hat; denn nimmt man an, dass die anfängliche Richtung der Schwingungsebene in den Meridian fällt, also in die Richtung *AF*, so ist diese in *A'* ungeändert geblieben, aber *A'F* hat eine andere Lage erhalten; es ist daher der Winkel, welchen die Schwingungsebene mit *A'F* bildet, als Wechselwinkel an Parallelen gleich $\angle AFA'$. Setzen wir $AFA' = \gamma$ und $ABA' = \beta$, so ist $\gamma = \beta \cdot \sin \alpha$, d. h. die Drehung der Schwingungsebene ist gleich der in derselben Zeit eingetretenen Axendrehung der Erde multiplicirt mit dem Sinus der geographischen Breite. Dreht sich die Erde in 24 Stunden (Sternzeit) einmal um ihre Axe, so kommt auf die Zeitminute 15' Winkeldrehung, oder da die Umdrehungszeit der Erde nach mittlerer Zeit nur 23 St. 56 Min. 4,09 Sec. beträgt, auf 1 Minute mittlerer Zeit 15',041 Winkelbewegung in der Erddrehung. Diese Grösse muss mit dem Sinus der geographischen Breite multiplicirt werden, um die Abweichung der Schwingungsebene in einer Minute zu erhalten. Unter 51° geographischer Breite würde die Abweichung in jeder Minute 11',689 betragen und zu einer vollen Umdrehung der Schwingungsebene eine Zeit von 30 St. 47 Min. 52 Sec. erforderlich sein.



Pendel, electrisches, nennt man ein kleines, gut gerundetes Kügelchen von Kork, Hollunder- oder Sonnenblumenmark, welches an

einem feinen Seidenfaden von einem Gestelle herabhängt und als Electroskop dient. Hängt man zwischen die entgegengesetzten Pole zweier oder auch nur einer in der Weise des Bohnenberger'schen Electrometers (s. Art. Electroskop) eingerichteten Zamboni'schen Säule ein solches Pendel, so erhält man das sogenannte electrische Perpetuum mobile (s. Art. Perpetuum mobile), was allerdings Jahre lang fortgehen kann, wenn man es durch eine übergesetzte Glasglocke vor Luftzug und sonst vor Erschütterung und Staub schützt. Man hat dies Perpetuum mobile als Glockenspiel abgeändert, indem man die Pole der Säulen mit kleinen metallenen Glocken versah und zwischen ihnen eine kleine Metallkugel an einem Seidenfaden aufhing; auch sonst hat man es noch in spielerischer Weise, z. B. in der Art eines Caroussels, auf verschiedene Art ausgeführt.

Pendel, hydrometrisches, ist ein Strommesser, welcher aus einem eingetheilten Quadranten besteht, von dessen Mittelpunkte ein Fadenpendel herabhängt, dessen Kugel durch den Strom mehr oder weniger aus der lothrechten Lage gebracht wird.

Pendelstange, **Pendeluhr** } s. Art. Uhr. C.

Penumbra nennt man namentlich den Halbschatten, welcher häufig bei den Sonnenflecken (s. Art. Sonne) auftritt.

Percussionsmaschine heisst auch die Stossmaschine (s. den Art.) zum experimentellen Nachweise der Gesetze des Stosses.

Perigäum oder Erdnähe, s. Art. Erdferne.

Perihelium oder Sonnennähe, s. Art. Aphelium.

Periode nennt man jeden Zeitraum, nach dessen Verlauf gewisse Erscheinungen sich wiederholen. Der Wechsel der Tageszeiten, der Jahreszeiten etc. ist periodisch. Manche Perioden haben besondere Namen erhalten, z. B. die Julianische Periode, welche die Zeit umschliesst, nach deren Verlauf ein Jahr dieselbe Zahl des Sonnencyclus, des Mondcyclus und des Indictionscyclus wieder erhält. Diese Periode umfasst 7980 Jahre. Eine kleinere Periode nennt man in der Astronomie gewöhnlich einen Cyclus, z. B. der 19jährige Mondcyclus, nach dessen Ablaufe die Neumonde wieder auf die nämlichen Jahrestage fallen. Wegen der in der Physik vorkommenden Perioden vergl. die näheren Bezeichnungen derselben, z. B. Declination der Magnetnadel.

Periodisch bedeutet nach einem bestimmten Gesetze wiederkehrend. Nichtperiodisch wird in der Physik zum Theil nicht als strenger Gegensatz von periodisch im Sinne von „wiederkehrend", also nicht im Sinne „nicht wiederkehrend" gebraucht, sondern als „wiederkehrend nach unbestimmter Zeit" im Gegensatze zu periodisch als „wiederkehrend nach bestimmter Zeit"; z. B. die meteorologischen Erscheinungen haben eine tägliche und jährliche Periode, insofern sie von den Tages- und Jahreszeiten abhängen, aber, insofern sie durch die Windrichtung bedingt

werden, sind sie zwar nicht periodisch, aber doch wiederkehrend, freilich nach unbestimmter Zeit.

Periöci, s. Art. Nebenbewohner.

Peripolare Molecüle hat Dubois bei den Nerven und Muskeln angenommen, um den Nerven- und Muskelstrom (s. Art. Thierische Electricität) zu erklären. Die Nerven und Muskeln sollen aus gleichgerichteten electromotorischen Molecülen zusammengesetzt sein, von denen jedes zwei gleichnamige polare Enden und eine entgegengesetzte polare Mittelzone besitzt. Ein peripolares Molecül wäre gewissermassen aus zwei dipolaren Molecülen zusammengesetzt.

Periskopisch hat man die von Wollaston in Vorschlag gebrachten concav-convexen und convex-concaven Brillengläser genannt, weil man durch diese bequem nach allen Seiten soll sehen können, was durch die beiderseits hohl oder beiderseits erhaben geschliffenen Gläser nicht möglich ist. Die periskopischen Gläser sind indessen nicht recht in Aufnahme gekommen, weil sie stark spiegeln.

Perlmutter ist in physikalischer Beziehung wegen des auf demselben auftretenden Farbenspiegels interessant. Das Phänomen ist dasselbe wie bei Barton's irisirenden Knöpfen (s. d. Art.), da die Oberfläche voller Furchen ist, die selbst durch Schleifen oder Poliren ni ht fortgeschafft werden können. Drückt man die Perlmutterfläche in Kitt, in feines schwarzes Siegellack, in Wachs, in arabischen Gummi, in Goldblättchen, die auf Wachs liegen, so zeigt sich auf diesen Eindrücken dasselbe Farbenspiel. Vergl. Art. Inflexion. A. S. 500 und Farbenspiel.

Permanentes Gas, s. Art. Gas. S. 374.

Permanente Electricität, s. Art. Gewitter. S. 403.

Perpetuum mobile nennt man eine künstliche Vorrichtung, welche den Grund ihrer Bewegung oder der steten Erhaltung derselben in sich selbst trägt. Ein erster Antrieb zur Bewegung mag von aussen her erfolgt sein, aber dann darf von aussen her kein neuer hinzukommen. Die stete Bewegung der Quecksilbersäule eines Barometers, die fortwährenden Schwankungen einer Magnetnadel, der stete Wechsel zwischen Ebbe und Fluth etc. sind keine Bewegungen, wie man sie von einem Perpetuum mobile verlangt, da sie den Grund zu ihrem Eintreten ausser sich haben und fortwährend von aussen her neue Einwirkungen statt finden.

In der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts knüpfte man in Folge der damals noch herrschenden unklaren Begriffe an das Steigen und Fallen der Flüssigkeit in dem eben erst construirten sogenannten Drebbel'schen Thermometer den Gedanken eines Perpetuum mobile und nannte dies Instrument sogar *perpetuum mobile gradus caloris et frigoris monstrans,* z. B. Samuel Reyher, Prof. der Mathematik in Kiel in seiner *Dissertatio de aëre. cap. II.*; selbst Drebbel

widmete dem König Jacob von England einen Brief über das *Perpetuum mobile,* das er construirt habe.

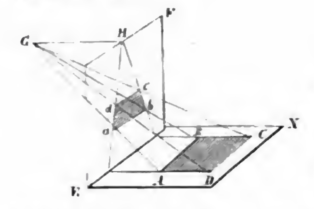
Das Weltganze dürfte ein Perpetuum mobile sein, aber selbst darüber lässt sich noch streiten. Da es sich im vorliegenden Falle um eine künstliche Vorrichtung handelt, so kann die ewige Dauer des Apparates nicht Bedingung sein; das Einzige bleibt die Erzeugung und die Erhaltung der einmal eingeleiteten Bewegung aus sich selbst.

Alle hierauf gerichteten Versuche sind missglückt; bei vielen hat man sogar absichtlichen Betrug schliesslich nachweisen können. Es müssen aber auch diese Versuche missglücken, weil in Folge der mechanischen Hindernisse mit jeder Umformung gegebener Arbeit und mit jeder Bewegung der Körper auch eine Verminderung der vorhandenen mechanischen Arbeit verbunden ist, so dass jedes bestimmte Quantum gegebener mechanischer Arbeit in der Bewegung selbst mit der Zeit verzehrt wird. Da sich dies aus den Principien der Mechanik erweisen lässt, so ist auch die Unmöglichkeit der Herstellung eines Perpetuum mobile erwiesen, und daher ist auch der bereits 1775 von der pariser Academie gefasste Beschluss gerechtfertigt, keinen Vorschlag zur Construction einer solchen Maschine mehr anzunehmen, da es sich doch stets nur um den Nachweis des Irrthums oder des Betrugs handeln würde. Dies Gesetz der Mechanik gilt nicht blos für die rein mechanischen Maschinen, die sich auf den Hebel und die schiefe Ebene zurückführen lassen, sondern auch für die Wärme, seitdem das mechanische Aequivalent (s. Art. Aequivalent) der Wärme erkannt und erwiesen ist, und somit ist es auch für Electricität, Magnetismus, Licht, Chemismus giltig, da diese Kräfte sich auf dasselbe Princip wie die Wärme zurückführen lassen oder wenigstens die sichere Aussicht, dass dies gelingen werde, gewonnen ist. Vergl. auch Art. Pendel, electrisches.

Perspectiv, das, d. h. ein Instrument zum Hindurchsehen, wird ein kleines dioptrisches Fernrohr genannt. S. Art. Fernrohr.

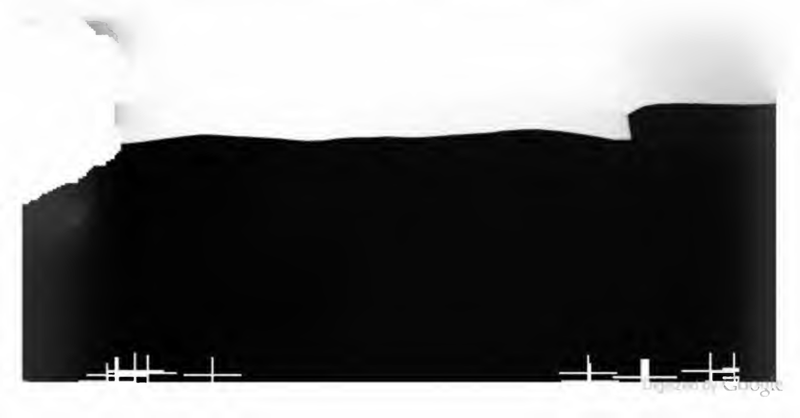
Perspective, Scenographie oder perspectivische Zeichenkunst ist die Wissenschaft, welche lehrt, wie Gegenstände auf gegebenen Flächen in einer Zeichnung darzustellen sind. Gewöhnlich ist die gegebene Fläche eine Ebene, aber sie kann auch anders sein, z. B. bei dem Panorama (s. d. Art.), desgleichen bei den Anamorphosen für nicht spitze Kegelspiegel (s. Art. Kegelspiegel) ein Cylinder. Man unterscheidet Linearperspective und Luftperspective. Jene giebt nur die richtige Lage der in einer Zeichnung darzustellenden Punkte an, diese lehrt die Gegenstände in einer Zeichnung nach der Beleuchtung und Entfernung so darstellen, dass dieselben der Natur gemäss erscheinen. Da die Luftperspective vorzugsweise in die Zeichen- und Malerkunst einschlägt, so soll hier nur von der Linearperspective das Charakteristische eine Stelle finden.

Die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes bildet die Grundlage der Perspective. Man denke sich von allen Punkten eines Gegenstandes, der jenseits der Ebene liegt, auf welcher er dargestellt werden soll, gerade Linien nach dem Auge gezogen und merke sich die Punkte, in denen diese Linien die erwähnte Ebene treffen. Alsdann geben diese Punkte die Orte an, wo das Bild jedes einzelnen Punktes des Gegenstandes hin zu zeichnen ist, so dass aus der gehörigen Verbindung der so erhaltenen Punkte der richtige Umriss des Bildes entsteht, das durch Schattirung und Farbengebung dem Gegenstande möglichst ähnlich gemacht werden kann. Auf diese Weise erhält man ein Bild, welches man die perspectivische Projection des Gegenstandes nennt. Die Lage des Auges, welches hier als ein Punkt angenommen wird, muss gegeben sein, und beim Betrachten einer solchen Zeichnung muss man sein Auge möglichst in diese angenommene Stelle bringen. Man durchspanne den leeren Rahmen z. B. einer Schiefertafel mit Fäden, so dass das ganze Rahmenfeld in eine Anzahl kleiner Quadrate getheilt ist, und halte denselben so gegen eine Landschaft: so erhält man die Lage der einzelnen Punkte im Bilde durch die Lage derselben gegen die ausgespannten Fäden.



Es sei in nebenstehender Figur $ABCD$ eine in der horizontalen Ebene EX gezeichnete Figur, die auf der Zeichentafel EF perspectivisch aufgetragen werden soll, so bezeichnen die nach dem Auge G gezogenen geraden Linien AG, BG, CG, DG, die in a, b, c, d die Tafel schneiden, die Eckpunkte der aufzutragenden Figur. Sind hier AB und CD Linien, die mit der Ebene der Tafel EF parallel laufen, so bleiben sie auch in der Zeichnung parallel; sind dagegen AD und BC Linien, die auf der Ebene der Tafel EF senkrecht stehen, so scheinen diese sich in ihrem entfernteren Theile einander zu nähern. Fällt man von dem Auge G, dem sogenannten Distanzpunkte, eine Linie GH senkrecht auf die Tafel, so ist H der sogenannte Augenpunkt, gegen welchen alle auf die Ebene der Tafel EF senkrechten Linien, wie AD und BC im Bilde auf der Tafel zusammenlaufen. Dieser Augenpunkt ist bei Beginn der Zeichnung festzusetzen.

Die orthographische Projection oder Vogel-Perspective nimmt das Auge in Rücksicht auf die Grösse des Gegenstandes als unendlich entfernt von diesem an, so dass alle von dem Auge nach den einzelnen Punkten des Gegenstandes gedachten Linien unter sich parallel laufen, und daher auch alle Linien, die im Urbilde parallel sind, in der Abbildung ebenfalls parallel werden.



Auch die von Farisch angegebene sogenannte isometrische oder isoperimetrische Perspective, die beim Maschinenzeichnen Anwendung findet, setzt eine unendliche Entfernung des Auges voraus; doch ist die Lage des letzteren durch diejenige Richtung bestimmt, welche mit den drei Hauptaxen des abzubildenden Gegenstandes gleiche Winkel einschliesst. — Vergl. übrigens auch Art. Projection.

Perspectivpumpe heisst eine von Althans angegebene Pumpe (s. d. Art.), bei welcher eine ununterbrochene Wasserhebung dadurch erzielt wird, dass in dem kurzen Stiefel eine bewegliche Röhre angebracht ist, welche unten kolbenartig sich erweitert, mittelst einer Liderung luftdicht an die Stiefelwände anschliesst und an demselben Ende auch das Kolbenventil trägt, oben aber das Steigrohr luftdicht umfasst. Am oberen Ende der Kolbenröhre hat die Kraft ihren Angriffspunkt, durch welche diese Röhre auf und nieder bewegt werden kann. Die drei Röhren: Stiefel, Kolbenröhre und Steigrohr stecken wie bei einem Auszugsfernrohr in einander, und darauf bezieht sich der Name. Die ununterbrochene Wasserhebung wird dadurch erzielt, dass die Kolbenröhre einen Querschnitt des Calibers hat, welcher nur halb so gross als der des Stiefels ist. Beim Aufgange der Kolbenröhre füllt sich der Stiefel und das Wasser über dem Kolbenventile wird in die Steigröhre getrieben; beim Niedergange der Kolbenröhre wird das Wasser des Stiefels in die Kolbenröhre gepresst, da diese aber nur dasselbe zur Hälfte fasst, so ist damit zugleich ein Auftrieb in die Steigröhre verbunden.

Perturbation nennt man eine unregelmässige Schwankung oder eine Störung bei einem sonst mehr regelmässigen Phänomene. Man hat solche Perturbationen namentlich bei den Aeusserungen des Erdmagnetismus (s. Art. Magnetismus der Erde), besonders im Gange der täglichen Variation der Declination und Inclination, wahrgenommen und gefunden, dass dieselben namentlich durch Polarlichter, vulcanische Ausbrüche und Erdbeben veranlasst werden. Die Perturbationen in der Bewegung der Himmelskörper liegen ausserhalb unseres Planes; vergl. indessen Art. Planeten.

Pesometer hat Pontus einen Apparat genannt und als neue Erfindung ausgegeben, der schon als Panydrometer bekannt war. S. Art. Hygroklimax.

Petrina's Maschine ist eine magnetoelectrische Maschine in der Weise der Stöhrer'schen. Vergl. Art. Inductionsmaschinen.

Pfannenstein oder Kesselstein oder Wasserstein, s. Art. Kesselstein.

Pfannkuchen, s. Art. Pancakes.

Pfeife nennt man in akustischer Hinsicht ein Instrument, in welchem Töne durch stehende Schwingungen von Luftsäulen erregt werden. Insofern würden die meisten Blasinstrumente hierher gehören; man hat indessen für die eigentlichen Pfeifen als charakteristisch festzuhalten,

dass die stehenden Schwingungen namentlich mit dadurch erzeugt werden, dass ein Luftstrom aus einer Spalte austritt und sich an einer Kante bricht. Die Repräsentanten dieser Pfeifen sind die Orgelpfeifen, die in Labialpfeifen und in Zungenpfeifen eingetheilt werden. In jenen wird die schwingende Bewegung nur durch einen Luftstrom bewirkt; bei letzteren sind zwei Schwingungsarten combinirt, nämlich die einer schwingenden Luftsäule und die eines schwingenden elastischen Streifens. Das Nähere über beide Pfeifenarten findet sich in den besonderen Artikeln: Labialpfeife und Zungenpfeife. Wegen der besonderen Einrichtung der an Dampfkesseln angebrachten Dampfpfeife s. Art. Dampfpfeife.

Pferdegöpel heisst ein von Pferden gezogener Göpel (s. d. Art.) im Gegensatze zu dem von Menschenkräften bewegten Handgöpel.

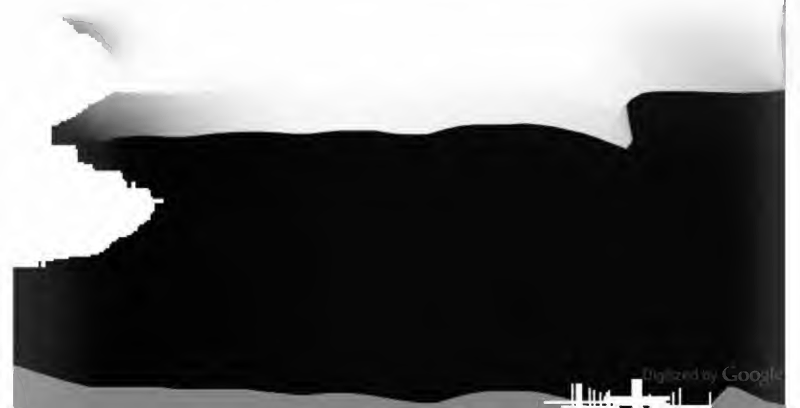
Pferdekraft ist (vergl. Kraft. B.) die bei der Messung von Arbeitskraft, d. h. von dem in einer bestimmten Zeit aufgewendeten Arbeitsquantum, gewöhnlich zu Grunde liegende Einheit. Unter einer Pferdekraft versteht man nun die Kraft, durch welche 75 Kilogramme in jeder Secunde einen Meter oder 300 Centner in einer Minute 1 Fuss hoch gehoben werden. In Preussen ist durch Ministerialerlass vom 6. Januar 1859 festgesetzt, dass eine Pferdekraft nach neuem Gewichte 480 Npfd. in 1 Sec. 1 Fuss hoch heben oder mit 480 Fusspfund in Rechnung genommen werden soll. — Aus Versuchen mit mehr denn 100 Pferden, die durchschnittlich $10^1/_2$ Centner wogen und gut gefüttert wurden, hat sich als Pferdekraft herausgestellt bei 8stündiger Arbeit 390 Fusspfund in 1 Sec.; bei 6stünd. Arb. 406 Fusspfd.; bei $4^1/_2$stünd. Arb. 476 Fusspfd.; bei 3stünd. Arb. 537 Fusspfd. — Ueber die Tagearbeit von Pferden, Maulthieren und Stieren finden sich Versuche von Brunaci in Gilbert's Annalen. Bd. 61. S. 415.

Pflanzen, leuchtende, s. Art. Phosphorescenz. E.

Pflanzenelectricität in dem Sinne, dass in allen Pflanzentheilen electrische Strömungen stattfinden sollten, hatten Becquerel und Wartmann behauptet; nach sorgfältigen Versuchen von Buff steht jedoch die electromotorische Kraft, welche die electrische Ausscheidung in den lebenden Pflanzen bedingt, mit dem Vegetationsprocesse in keinem directen Zusammenhange und ist nur von dem chemischen Gegensatze des Wassers zu den Pflanzensäften abhängig.

Pfund, ein Gewicht, über dessen Grösse Art. Gewichte das Nähere enthält. Das preuss. Pfund oder Neupfund ist genau $^1/_2$ Kilogramm.

Phänakistiskop, Phantaskop oder Phantasmaskop ist gleichbedeutend mit Stroboskop (s. d. Art.). Stampfer in Wien erfand 1833 das Stroboskop und unabhängig hiervon, eigentlich sogar schon früher, hat Plateau dasselbe Instrument unter den obigen



Namen ausgeführt. Bereits im November 1832 hat Plateau ein Exemplar seines Instrumentes an Faraday geschickt.

Phänomen, s. Art. Naturbegebenheit.

Phänomen, Leidenfrost'sches, s. Art. Leidenfrost'sches Phänomen.

Phänomenologie ist der Theil der Naturlehre, welcher nichts weiter als eine Zusammenstellung der Phänomene bezweckt. Jede Naturerscheinung bietet nämlich dreierlei dar: erstens die Erscheinung selbst und an sich; zweitens die Art und Weise, auf welche sie vorgeht, d. h. ihr Gesetz; drittens die Ursachen, welche sie hervorrufen, d. h. die Erklärung. Die Phänomenologie bezieht sich nur auf den ersten dieser drei Punkte. Von einem extremen pädagogischen Standpunkte aus hat man die Phänomenologie als etwas Selbständiges zur Uebung des Beobachtungsvermögens zur Geltung zu bringen gesucht, aber keinen bleibenden Erfolg erzielt.

Phantaskop, s. Art. Phänakistiskop.

Phantasmagorie ist die Darstellung von Luftbildern, resp. Gespenstern. Man bedient sich dazu der Zauberlaterne (s. d. Art.) und zwar in neuerer Zeit der durch Drummond'sches Licht erleuchteten, indem man die Bilder auf einen durchscheinenden Schirm (ausgespannte Leinwand) fallen lässt. In neuester Zeit auf den Theaterbühnen erzeugte Gespenstererscheinungen beruhen auf der Reflexion in einer grossen Scheibe von Spiegelglas. Die Scheibe ist auf der Bühne hinter einer Oeffnung im Fussboden aufgestellt und aus dieser Oeffnung fällt Licht auf die Scheibe von dem Gegenstande, der den Zuschauern als Gespenst auf der Bühne erscheinen soll.

Phantasmaskop, s. Art. Phänakistiskop.

Phase des Mondes nennt man die wechselnde Lichtgestalt desselben. S. Art. Mond. Auch an der Venus bemerkt man Phasen.

Phase der Schwingung nennt man bei einer schwingenden Bewegung — z. B. beim Pendel, bei Wellen — den einem bestimmten Augenblicke entsprechenden Bewegungszustand des Bewegten. Die Phase ist bestimmt durch die Lage des Bewegten in Bezug auf seine anfängliche Gleichgewichtslage und durch seine Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung. Die Zeit, welche bis zum Eintritte einer bestimmten Phase vergeht, wird Phasenzeit genannt, während die zu einer ganzen Schwingung verbrauchte Zeit die Schwingungsdauer heisst. Die Zeit, welche verfliesst, bis der Punkt wieder in derselben Phase ist, ist der ganzen Schwingungsdauer gleich. Die um eine halbe Schwingungszeit von einander entfernten Phasen nennt man entgegengesetzte, da sich das Bewegte dann in gleichen, aber entgegengesetzt gerichteten Bewegungszuständen befindet.

Phasenzeit, s. den vorhergehenden Artikel.



Phiolenbarometer oder Flaschenbarometer, s. Art. Barometer. S. 71.

Phlogiston nannte Stahl (1660—1734) eine Materie, die allen verbrennlichen Stoffen innewohnen und die Fähigkeit zu verbrennen ertheilen solle, so dass der Verbrennungsprocess in einem Entweichen des Phlogistons bestände. Diese von Stahl begründete phlogistische Theorie wurde um 1785 von Lavoisier, dem Begründer der antiphlogistischen Theorie, durch den Nachweis gestürzt, dass jeder Körper beim Verbrennen an Gewicht eine Zunahme erleidet, anstatt etwas abzugeben.

Phönicias / **Phönix** hiess bei den alten Griechen der Süd-Südostwind.

Phonisches Centrum heisst beim Echo der Ort, von welchem der Schall ausgeht. S. Art. Echo.

Phonisches Kaleidoskop, s. Art. Kaleidophon.

Phonokamptik soll die Lehre von allem auf das Echo Bezügliche bedeuten, indessen wird von dieser Bezeichnung selten Gebrauch gemacht.

Phonokamptisches Centrum heisst beim Echo der Ort, nach welchem hin die Schallstrahlen zurückgeworfen werden und an welchem man das Echo wahrnimmt. S. Art. Echo.

Phoronomie oder Bewegungslehre (s. d. Art.).

Phosphore nennt man phosphorescirende Körper. Vergl. Art. Phosphorescenz.

Phosphoreudiometer ist ein Eudiometer (s. d. Art.), d. h. ein Luftgütemesser, der sich auf das Verbrennen von Phosphor in einem gemessenen Luftvolumen gründet, wodurch der Sauerstoff vollständig aus demselben entfernt wird. Achard, Reboul, Seguin, Berthollet und Parrot haben namentlich diese Methode befolgt.

Phosphorescenz wird gewöhnlich als ein schwaches Leuchten eines Körpers im Dunkeln, ohne dass dabei ein eigentliches Brennen stattfände, erklärt. Hiernach würde sich die Phosphorescenz von dem Glühen durch die geringe Intensität des Lichtes und von dem Verbrennen durch den Mangel chemischer Zersetzung unterscheiden; doch lässt sich in dieser Beziehung keine scharfe Grenze festsetzen. Der Begriff der Phosphorescenz leidet entschieden noch an einer gewissen Unbestimmtheit.

Der Diamant scheint der erste Körper gewesen zu sein, an welchem man das phosphorische Leuchten wahrgenommen hat; wenigstens spricht schon Albertus Magnus (13. Jahrh.) davon. Aufmerksamer wurde man zuerst durch den Bologneser oder bononischen Leuchtstein (s. d. Art.) des Vincenzio Cascariolo (1602).

A. Die erste Beobachtung, dass Körper durch Bestrahlung oder Insolation (s. d. Art.) phosphoresciren, machte man 1677

an dem Balduin'schen Phosphor. Man erhält diesen, wenn man gestossene Steinkreide mit gutem Scheidewasser bis zur Sättigung mischt, das Uebrige absaigert, die Mischung auf einem warmen Ofen trocknet, zerstösst und mit Eiweiss zu Pasten formt. Diese Pasten werden eine Stunde lang zwischen lebhaft glühenden Kohlen gebrannt, dann abgekühlt und dem Tageslichte ausgesetzt. — Im Jahre 1674 entdeckte Brandt den vorzugsweise Phosphor genannten Stoff, dessen Bereitungsart aber erst 1737 bekannt wurde. Von da ab kam der Begriff Phosphorescenz auf. Boyle stellte durch Versuche an einem Diamanten fest, dass Electricität und Phosphorescenz in keinem nothwendigen Zusammenhange stehen. Du Fay sprach schon 1730 aus, dass bei richtiger Behandlung wohl alle Körper, die Metalle vielleicht ausgenommen, phosphorescirend werden können. Seitdem hat man eine Menge phosphorescirender Körper künstlich dargestellt, z. B. Canton 1768 den Cantonschen Phosphor (s. d. Art.).

Ausser den künstlichen Präparaten giebt es viele natürliche Substanzen, welche durch Bestrahlung im Dunklen leuchtend werden. Sie sind hinsichtlich ihrer Lichtstärke, Farbe und Dauer des Leuchtens sehr verschieden. Im Allgemeinen sind die kalkartigen Fossilien die besten Phosphore; der ausgezeichnetste ist der Flussspath und unter diesem wieder der Chlorophan (s. d. Art.) der interessanteste. Die zum Barytgeschlechte gehörigen Mineralien leuchten nach der Bestrahlung auf kurze Zeit, am besten auf dem frischen Bruche. Dagegen leuchten alle sogenannten Edelsteine und alle nur etwas reinen Kieselsteine, die Steine des Thonerden- und Talkerdengeschlechts gar nicht oder äusserst schwach und nur ein paar Stunden lang. Es phosphorescirt ferner kein reguliniscbes Metall durch Insolation; die Metallsalze ziemlich gut; die künstlichen, durch Feuer bereiteten, Metalloxyde sehr schwach oder gar nicht, die natürlichen etwas besser. Ferner phosphorescirt kein brennbares Mineral mit Ausnahme des Bernsteins und des Diamanten. Reines Wasser, reines Glas, geschliffener Bergkrystall leuchten nicht oder kaum merklich; sehr reines und durchsichtiges Eis hingegen leuchtet. Auch gehören zu den guten Phosphoren dieser Art Boraxsäure, Milchzucker, Benzoësäure.

Frische Bestandtheile der organischen Individuen sind gar nicht oder nur schlechte Phosphore durch Insolation. Werden thierische Substanzen, welche Fette oder Oele enthalten (z. B. Vogelfedern, Käse etc.) stark ausgetrocknet, so phosphoresciren sie durch Bestrahlung. Ausgetrocknete Pflanzen phosphoresciren nur schlecht, frische gar nicht. Altes Zuckerrohr, gebleichtes Wachs, Hutzucker, arabisches Gummi leuchten gut. Die Pflanzenstoffe werden durch Bleichen in ihrer Leuchtkraft durch Insolation gekräftigt, z. B. Leinwand, Papier.

B. Auch die Wärme macht eine grosse Anzahl von Körpern im Dunkeln leuchtend und zwar werden fast alle nach der Insolation leuch-

tend werdenden Körper dies auch durch Wärme. Einige Körper, z. B. die Metalle leuchten nicht nach der Bestrahlung, wohl aber nach Erwärmung. Im Allgemeinen sind die besten Phosphore durch Insolation auch die besten Leuchter durch Erwärmung; mit Ausnahme des Diamanten und Flussspaths leuchten sie auch länger als durch Insolation. Selbstverständlich sind hierauf gerichtete Versuche in einem gegen den Eintritt des Lichtes völlig verwahrten Raume (Kasten) anzustellen und Anwendung von leuchtender Wärme ist auszuschliessen. Wenn man die Stoffe in Gestalt eines mässig feinen Pulvers anwendet, so werden sie schon durch die schwächste Temperaturerhöhung leuchtend, z. B. Flussspath schon zwischen 70° und 88° C. Uebrigens richtet sich der Temperaturgrad, welcher Leuchten hervorbringt, nicht nur nach der materiellen Verschiedenheit der Körper, sondern ist auch bei den verschiedenen Individuen derselben Art verschieden. Das Licht ist bei den meisten Körpern sanft ausströmend; bei dem Metallfeiligt und einigen schweren Metalloxyden und Metallsalzen funkelnd; bei dem Durchlaufen verschiedener Temperaturgrade oft die Farbe wechselnd und zwar scheinen die weniger brechbaren Strahlen am leichtesten zu entweichen. Auch bei der Phosphorescenz durch Wärme zeichnet sich der Chlorophan (s. d. Art.) aus.

C. Auch durch den electrischen Funken kann man Körper leuchtend machen. Die meisten Körper leuchten in diesem Falle nur in der Linie, welche den Weg des electrischen Funkens bezeichnet; die meisten künstlichen Phosphore jedoch und ebenso Zucker zeigen sich in ausgedehnterer Breite leuchtend. Das Leuchtvermögen der Phosphore wird durch den electrischen Funken erhöht und das verlorene wieder hergestellt. Auch Körper, die in ihrem fossilen Zustande die Eigenschaft zu phosphoresciren nicht besitzen, können durch electrische Schläge dahin gebracht werden, z. B. mehrere Arten von kohlensaurem Kalke, calcinirte Fischknochen und Schneckenschaalen. Bei solchen, die schon in ihrem natürlichen Zustande phosphoresciren, wird diese Eigenschaft durch Electricität erhöht. Diejenigen, welche durch starkes Erhitzen dieselbe verloren und durch electrische Schläge wieder bekommen haben, phosphoresciren dann selten mit eben so starkem Lichte wie vorher. Mit der Anzahl der electrischen Schläge steigert sich die Phosphorescenz und erhält sich bisweilen Monate lang. Flussspathe, welche mit ihrem Vermögen zu phosphoresciren beim Erhitzen auch ihre Farbe verloren hatten, färben sich öfters bei Wiederherstellung dieses Vermögens durch electrische Schläge, aber es tritt dann meistens eine andere Farbe auf. — Durch Entladung einer electrischen Säule gewonnenes Licht wirkt zwar auch Phosphorescenz erregend, aber nur schwach.

D. Die bedeutendsten Untersuchungen über Phosphorescenz haben angestellt: Placidus Heinrich (die Phosphorescenz der Körper etc. Fünf Abtheilungen. Nürnberg. 1811. 1812. 1815. 1820.), Dessaignes, Wach, Matteucci, Becquerel, Grotthuss, Pearsall,



John W. Draper u. a. Die vollständige Literatur über Phosphorescenz durch Insolation bis zum Jahre 1845 ist zusammengestellt in: Die Fortschritte der Physik im J. 1845. Berlin. 1847. Jahrg. I. S. 243—247. Im Grossen und Ganzen bestehen die auf Phosphorescenz bezüglichen Forschungen in einer grossen Zahl einzelner Resultate, die noch nicht auf ein gemeinsames Princip zurückgeführt sind. Daher finden wir in Bezug auf die Erklärung der Phosphorescenz noch sehr verschiedene Hypothesen. Du Fay meinte, jede Phosphorescenz sei eine Verbrennung; Lemery nahm an, dass sich die Körper gegen das Licht ebenso wie gegen die Wärme verhalten, dass sie nämlich dasselbe besser absorbiren und wieder ausstrahlen etc.; Draper gelangte zu der Ansicht, dass sich sämmtliche Phosphorescenzerscheinungen durch das Princip der Mittheilung vibratorischer Bewegung durch den Aether erklären lassen, dass das Licht der Sonne oder eines electrischen Funkens eine schwingende Bewegung in denjenigen Körpern erregt, welche von den Strahlen getroffen werden, dass sich bei festen Körpern die Cohäsion diesen Bewegungen wiedersetzt, dass dieselben aber bei Gasen und Flüssigkeiten augenblicklich eintreten und fast ebenso augenblicklich verschwinden, dass bei Verminderung der Cohäsion eines festen Körpers in Folge einer Temperaturerhöhung die Bewegung wieder beginnen kann, und dass jedweder opake Zustand die ganze Erscheinung unmöglich macht. Ich selbst habe (Poggend. Annal. Bd. 100. S. 651—657) im Hinblicke auf das Verhältniss zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz (s. d. Art.), namentlich mit Rücksicht darauf, dass — was auch Osann hervorhebt — bei beiden vorzugsweise die der violetten Seite des Spectrums angehörigen Lichtstrahlen wirksam sind, mich im Allgemeinen mit Draper's Princip der Mittheilung vibratorischer Bewegung durch den Aether einverstanden erklärt; betrachte aber die chemischen Strahlen dahin zielend, eine Anordnung der Atome herbeizuführen, welche eine chemische Action zur Folge haben würde, aber sich bei Phosphorescenz und Fluorescenz nicht bis zum Zustandekommen derselben steigert. Das sofortige Aufhören der Fluorescenzerscheinung, sobald die erregenden Strahlen nicht mehr einwirken, betrachte ich nun als eine Folge des sofortigen Rückgehens der Atome in die ursprüngliche Lage und das eintretende Leuchten als Folge der angeregten Aether- und Molecülschwingungen in Folge der unter den Atomen eingeleiteten Bewegung. Nun nehme ich an, dass eine gewisse Coercitivkraft (s. d. Art.) die Atome in ihrer jedesmaligen den Umständen entsprechenden Anordnung zu erhalten sucht, dass diese Coercitivkraft je nach der Natur des Stoffes stärker oder schwächer ist, dass sie sich bei den phosphorescirenden Stoffen durch ihre Stärke auszeichnet, während sie bei den fluorescirenden von geringerer Intensität ist, ähnlich wie im Stahl und Eisen in Betreff der magnetischen Polarität. Hiernach scheint es mir nicht auffallend, warum es im Vergleich zur Fluorescenz so wenig phosphorescirende



Körper giebt, warum die letzteren eine längere Einwirkung erfordern, und warum die Phosphorescenz länger andauert als die Fluorescenz. Das Phosphoresciren hört mit der Zeit auf, wie auch die magnetische Polarität im Stahle verschwindet, wenn er unbeschäftigt bleibt. Es ist nach dieser Ansicht aber auch begreifbar, dass von Seiten der Wärmestrahlen und überhaupt durch die Wärme Phosphorescenz herbeigeführt wird, da auch dadurch eine Abänderung in der Anordnung der Atome veranlasst wird. Zu erwarten bleibt nur, dass auch Fluorescenzerscheinungen durch Wärme anerkannt werden, wofür ich manche Thatsachen bereits angeführt habe. — Pearsall vermuthet, die Phosphorescenz beruhe auf einer inneren krystallinischen Structur.

E. Zu den Phosphorescenzerscheinungen rechnet man auch ein Leuchten im Dunkeln bei organischen Stoffen. Bei lebendigen Pflanzen ist die Beobachtung öfters gemacht worden. Zuerst scheint Linné's Tochter die Erscheinung am *Tropaeolum majus* wahrgenommen zu haben. Es gehören hierher: *Lilium bulbiferum* und *chalcedonicum*, *Helianthus annuus*, *Tagetes patula* und *erecta*, *Calendula officinalis*, *Gorteria ringens*, *Tropaeolum majus* und *minus*, *Chrysanthemum inodorum*, *Oenothera macrocarpa*, *Phytolacca decandra*, *Polyanthes tuberosa*, *Rhizomorpha subterranea*, *Euphorbia phosphorea*; fraglich ist *Papaver orientale*. — Viel öfter ist das Leuchten abgestorbener Pflanzentheile beobachtet worden, namentlich hat man Holz der Erle, Weide und Fichte häufig leuchtend gefunden. Das Leuchten des Holzes tritt früher ein als die Fäulniss, aber es ist nothwendig, dass es sich in einem gewissen Grade der Feuchtigkeit befinde. — Die Ursache des Leuchtens der Pflanzen ist noch unbekannt. Einige Naturforscher sind der Meinung, dass dasselbe auf einer Phosphor haltenden Secretion (?) beruhe. Dass bei dem Phosphoresciren des morschen Holzes ein langsamer Verbrennungsprocess vorliege, ist auch nicht sehr wahrscheinlich; man müsste denn annehmen, dass während der Zersetzung der organischen Bestandtheile eine Verbrennung stattfinde, welche wenig Wärme, aber viel Licht entwickele. Einige suchten die Ursache in Pilzen; aber es ist nachgewiesen, dass das Leuchten immer von der Holzsubstanz ausgeht.

Es giebt auch lebende Thiere, welche leuchten. Vergl. hierüber Art. Leuchtthiere.

Todte thierische Körper werden sehr häufig leuchtend gefunden. Besonders zeichnen sich in dieser Beziehung die Fische aus. Diese leuchten in der See nur vermöge ihnen anhängender Gewürme. Wenn man sie aus der See bringt und tödtet, pflegen sie auch den ersten Abend noch nicht zu leuchten, sondern erst am zweiten Abend beginnt das Phosphoresciren, und zwar leuchtet zuerst nur der Kopf, namentlich die Augen, später erst Bauch und Schwanz. Gekochte oder eingesalzene Fische leuchten nicht, aber Besprengen mit Wasser scheint den Glanz

leuchtender Fische zu erhöhen. Die Fische leuchten nur so lange, als sie feucht bleiben, und das Licht zeigt sich am schönsten an Ecken und Winkeln. Im Winter währt das Leuchten oft gegen 14 Tage, weil die Fäulniss später eintritt. Namentlich die schleimigen Theile leuchten, nicht die muskulösen. Es schwitzt aus den Thieren ein anfangs klarer flüssiger Schleim aus, welcher zähe und trübe und damit auch leuchtend wird. Dieser Schleim lässt sich über die Finger verbreiten, welche dadurch ebenfalls leuchtend werden. — Muskelfleisch wird ebenfalls bisweilen phosphorescirend. Man hat ganze Schlachthäuser des Nachts erleuchtet gesehen; ebenso hat man das Leuchten oft in anatomischen Theatern beobachtet; ferner an Wunden. — Am ausführlichsten hat Heinrich die hierher gehörigen Resultate zusammengestellt.

Ueber die bekannte Behauptung, dass die Augen verschiedener Thiere im Zustande der Aufregung, namentlich der Katzen, Hunde, vieler Raubthiere aus sich selbst leuchten sollen, herrscht noch Zweifel. Man hat sich mehr der Ansicht zu geneigt, dass das allerdings nicht zu bestreitende Leuchten von einer Reflexion des äusseren Lichtes von dem glänzenden *Tapetum* des Auges herrühre. Nach Beobachtungen von Rengger scheint indessen doch bei manchen Thieren eine Lichtentwickelung unter dem Einflusse des Nervensystems im Hintergrunde des Auges einzutreten.

Phosphorstreichhölzchen, s. Art. Feuerzeug. S. 334.

Photochalkographie, s. Art. Phototypie.

Photographie ist die Kunst, durch chemische Wirkung des Lichtes Bilder zu erzeugen. Das auf die Erfindung dieser Kunst durch Daguerre und Niepce Bezügliche ist im Art. Daguerreotypie kurz angegeben. Hier soll und kann nun nicht das Photographiren nach den verschiedenen Methoden ausführlich behandelt werden; es wird genügen eine Vorstellung von dem Verfahren gewissermassen an einem Beispiele zu geben, und dazu möge die Erzeugung eines sogenannten negativen Bildes (s. Art. Bilder, optische) auf Glas mittelst Collodium dienen, zumal der Art. Chemische Wirkungen des Lichts das Princip angiebt, auf welchem die Kunst beruht. Nähere Benennungen des Photographirens, z. B. Chrysotypie, die für besondere Arten des Verfahrens in Vorschlag gebracht worden sind, haben an den betreffenden Stellen in besonderen Artikeln ihre Erledigung gefunden.

A. Zur Erzeugung eines Lichtbildes gehört eine gute *Camera obscura* (s. d. Art. S. 139). Zunächst wird diese auf den abzunehmenden Gegenstand gerichtet und das auf dem matten Glase entstehende Bild scharf eingestellt. An die Stelle des matten Glases setzt man später eine an einem undurchsichtigen Schieber befestigte möglichst ebene Glasplatte, so dass sie genau die Stelle des matten Glases einnimmt und auf ihr das Bild ebenso klar werden müsste. Diese Glasplatte

wird vor dem Gebrauche sorgfältig gereinigt, was entweder mit Spiritus und feinem Trippel und Baumwolle, oder blos mittelst der Hand mit reinem Wasser geschieht. Die gut abgetrocknete und mit seifenfreier Leinwand gehörig geriebene Glasplatte wird dann, indem man sie an einer Ecke anfasst, mit Collodium auf einer Seite übergossen, wobei man sie der gleichmässigen Vertheilung wegen nach den Richtungen hinneigt, nach welchen das Collodium fliessen soll, bis die ganze Fläche überzogen ist, während man das Zuviel an einer Ecke des Glases in die Collodiumflasche zurückfliessen lässt. Diese Operation verrichtet man bei Lampenlichte oder bei dem durch einige dunkelgelbe Glasscheiben einfallenden Tageslichte in einem sonst dunkeln Zimmer. Hat sich eine festsitzende Collodiumschicht gebildet, so bringt man in demselben Zimmer die Glasplatte in das sogenannte Silberbad, d. h. in eine Auflösung von neutralem salpetersauren Silberoxyd (bekannt als Höllenstein) in etwa der 10fachen Menge Wassers, wozu man sich flacher Glasgefässe, welche die Glasplatte bequem aufnehmen können und entweder die Form von Schalen oder von verticalen Kasten haben, bedient. Ist die Platte gleichmässig befeuchtet, was man daran erkennt, dass sich auf der milchichten Schicht keine Ungleichheiten zeigen, so bringt man sie noch nass in den Schieber der *Camera obscura* und setzt sie schnell in die letztere ein, wobei man sie sorgfältig gegen das Auffallen von Licht verwahrt, was durch eine übergeschobene undurchsichtige Platte geschieht. Es ist zweckmässig sich vor dem Einsetzen der präparirten Glasplatte erst nochmals von der Deutlichkeit des Bildes auf der matten Glasscheibe zu überzeugen, dann auf das Objectivglas der *Camera obscura* einen Deckel aufzusetzen und nun an die Stelle der matten Glasscheibe die präparirte einzuschieben. Ist Alles in Ordnung, so entfernt man den Deckel von dem Objective plötzlich und setzt ihn dann wieder schnell auf, wenn man glaubt, dass die Collodiumplatte hinreichend lange der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt gewesen ist. Dies richtet sich nach der Intensität des Lichtes und nach der Empfindlichkeit der Collodiumschicht, worin die Photographen durch Uebung bald die nöthige Sicherheit gewinnen. Die Platte wird hierauf in dem herausgezogenen Schieber unter gehörigem Schutze gegen die Einwirkung des Lichtes wieder in das dunkle Zimmer gebracht, aus dem Schieber genommen, gewöhnlich auf eine grössere Glasplatte gelegt und mit einer Lösung von Pyrogallussäure (1 Gewichtstheil), Essigsäure (10 Th.) und Wasser (160 Th.) übergossen, wobei man die Platte wieder nach allen Richtungen neigt, um eine gleichmässige Vertheilung zu erzielen. Hierbei tritt das negative Bild hervor. Nachdem man die Platte in Wasser gehörig abgespült hat, übergiesst man sie, um das Bild zu fixiren, d. h. gegen die Einwirkung des Lichtes zu schützen, mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron in der 6fachen Menge Wassers oder von Cyankalium in der 100fachen. Die nochmals mit Wasser gehörig ab-



gespülte Platte wird hierauf getrocknet und ist dann zur Herstellung positiver Bilder fertig.

Um positive Bilder auf Papier mittelst eines negativen Collodiumbildes zu erzeugen, legt man schwach geleimtes gleichmässiges Schreibpapier auf eine gesättigte Kochsalzlösung, die mit der doppelten Wassermenge verdünnt worden ist, bringt dasselbe dann auf eine Glasplatte, so dass die nasse Seite nach aussen kommt, und trocknet, bis das Papier nur noch weich ist. Das von der Glasplatte abgenommene Papier legt man darauf mit der Salzfläche auf eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyde in 5 Theilen Wassers, nimmt es nach einigen Minuten ab, legt es wie vorher auf eine Glasplatte und lässt es im Dunklen trocknen. Das negative Bild bringt man nun, wenn man auf dem präparirten Papiere ein positives erzeugen will, unter die Glasscheibe eines sogenannten Copirrahmens, so dass die Collodiumschicht diese Scheibe nicht berührt; auf das negative Bild legt man das präparirte Papier, auf dies gewöhnlich ein doppeltliegendes Stück Sammt, auf diesen einige Blätter weichen Papieres und auf diese ein Brettchen, welches fest angedrückt wird. Setzt man hierauf die Glasfläche des Copirrahmens dem Lichte aus, so wirkt dies durch das negative Bild hindurch auf das präparirte Papier und zwar werden die Stellen am stärksten angegriffen, welche im negativen Bilde am hellsten sind, so dass Hell und Dunkel auf dem Papiere gerade umgekehrt ist wie auf dem negativen Bilde, und ein Bild in den naturgemässen Verhältnissen von Licht und Schatten entsteht. Hat die Lichteinwirkung hinreichend lange stattgefunden, worüber vielfache Erfahrung den besten Anhalt giebt, so nimmt man das positive Bild im dunklen Zimmer aus dem Copirrahmen und fixirt es, indem man es etwa $^1/_2$ Stunde in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron bringt und dann längere Zeit, wohl einen Tag lang, in einer grösseren Menge Wassers liegen lässt, worauf man es zwischen Fliesspapier trocknet.

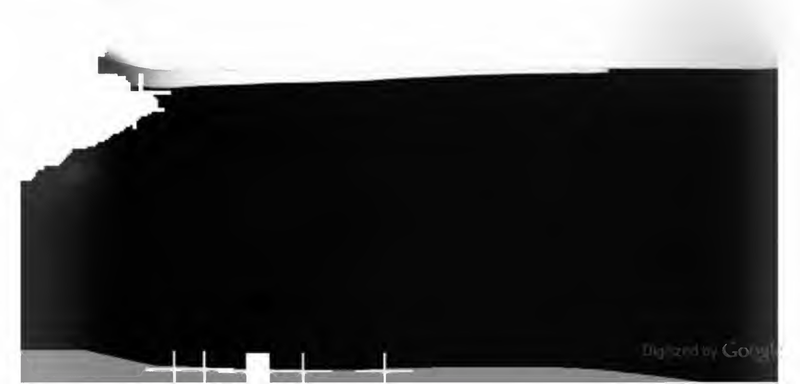
B. Daguerre setzte die gut polirte und sorgfältig gereinigte Silberfläche einer versilberten Kuperplatte den Dämpfen von Jod in einem Zimmer aus, welches nicht nothwendig dunkel zu sein braucht, bis die Fläche gleichmässig gefärbt war. Die Farbe ist dann dunkel messinggelb mit einem Stiche ins Violette. Die jodirte Platte kam hierauf in die richtig eingestellte *Camera obscura*, wie vorher bei der Erzeugung negativer Bilder auf der Collodiumscheibe diese präparirte Scheibe, und wurde der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt. Auf die gegen das Licht gehörig geschützte, aus der *Camera obscura* entfernte Platte liess hierauf Daguerre Quecksilberdämpfe einwirken, indem er in einem besonderen Kasten, der die jodirte Platte aufnahm, Quecksilber bis auf 50—60° C. erhitzte. Hierdurch wurde auf der Platte das Bild sichtbar. Die erkaltete Platte wurde hierauf in eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron in 12 Theilen Wasser mit etwas Alkohol getaucht und bewegt. Bei diesem Verfahren, welches den

Ausgangspunkt der ganzen Kunst des Photographirens bildet, greift das Licht das Jodsilber an, auf diesen angegriffenen Stellen condensiren sich die Quecksilberdämpfe und die kleinen weissen Quecksilbertröpfchen liefern nun das Bild, welches sofort positiv erscheint.

Dies Verfahren von Daguerre, Lichtbilder auf Metallplatten herzustellen, ist die eigentliche Daguerreotypie; Niepce benutzte anfangs einen Ueberzug von Judenpech auf Metallplatten, später nahm er als Unterlage für die empfindliche Schicht Glas und dies Verfahren nannte man Niepcotypie; Talbot war der Erste, welcher die Lichtbilder auf Papier erzeugte und zwar mittelst eines zunächst auf Papier gewonnenen negativen Bildes, und dies Verfahren nannte man Talbotypie, Talbot selbst Kalotypie. Alle Methoden der Herstellung von Lichtbildern begreift die Bezeichnung Photographie in sich, da dies der Wortbildung nach die Kunst mit Licht zu schreiben und nicht Lichtbildung auf Papier bedeutet, wie es im Publikum meist verstanden wird.

C. 1) Man hat versucht die Bilder des Mikroskops photographisch zu fixiren und diese Kunst Megaskopie genannt. Mit den Bildern des Sonnenmikroskops ist dies gelungen, indem man sie einfach auf photographisch präparirtem Glase oder Papier auffing. Die Bilder des gewöhnlichen zusammengesetzten Mikroskops hat Pohl in Wien photographirt, indem er durch ein Glasprisma am Ocularende das horizontal liegende Bild des Mikroskops in verticale Stellung brachte und in einen kleinen dunklen Behälter — gewissermassen eine am Ocularende angebrachte *Camera obscura* ohne Objectivlinse — auf die lichtempfindliche Platte fallen liess.

2) Umgekehrt hat man Photographien hergestellt, welche kaum die Grösse eines Stecknadelkopfes haben und durch ein Mikroskop betrachtet Bilder von einigen Quadratzoll Grösse zu sein scheinen. Der Optiker Daucer in Manchester scheint 1855 zuerst derartige Photographien zu Stande gebracht zu haben. Das Verfahren ist im Allgemeinen folgendes. Man verfertigt zuerst auf einer Glasplatte mit Collodiumüberzug ein negatives Bild in der Art und Grösse, wie zu den gewöhnlichen Visitenkartenbildern. Durch dies Negativ hindurch lässt man das Licht auf ein etwa 3 Fuss entferntes Objectivglas mit kurzer Brennweite fallen. Es bildet sich dann ein sehr verkleinertes Bild des Negativs, welches man auf einer mit Collodium und Jodsilber überzogenen Glasplatte auffängt. Nach 2 bis 3 Secunden ist dies photographische Bild zu Stande gekommen. Diese präparirte Glasplatte ist in einer Fassung angebracht, welche gestattet, sie leicht um ein bestimmtes Stück aufwärts und seitlich zu verschieben. Nachdem ein Bild auf ihr erzeugt ist, schiebt man sie um etwas mehr als die Breite des Bildes zur Seite; lässt ein zweites Bild entstehen u. s. f., bis 6—10 Bilder in einer Reihe erzeugt sind; dann stellt man die Glasplatte etwas tiefer und nimmt hier



wieder eine ebensolche Reihe von Bildern auf, womit man fortfährt, bis die Platte 36—100 Bilder trägt. Dann behandelt man die Platte wie unter (A) angegeben ist, fixirt die Bilder, trocknet, schneidet die Platte mit dem Diamant in entsprechend viele Theile, bestreicht sie auf der Bildseite mit canadischem Balsam und klebt sie damit auf Glas. — Der Franzose Dagron scheint 1858 zuerst den Gedanken gehabt zu haben, jedem solchen Bilde das erforderliche Vergrösserungsglas beizufügen. Man klebt das Bild mit der Bildseite mittelst canadischen Balsams auf das flache Ende eines kleinen Glasstabes aus Crownglas. Derselbe ist etwa 2 Linien lang und weniger als 1 Linie dick, an dem freien Ende stark convex, fast in der Form einer Halbkugel geschliffen. Hat man die hervorstehenden Ecken des aufgekitteten Glasplättchens abgeschliffen, das Stäbchen in eine Fassung geschoben, welche das Seitenlicht abhält, und sieht von dem convexen Ende aus durch das Glasstäbchen, welches man gegen das Licht gerichtet hat, auf das Bildchen, so erscheint dies sehr vergrössert, ganz deutlich und scharf. Kittet man auf ein kurzes Glasstäbchen mit zwei ebenen Enden auf jede Endfläche ein Bildchen und schleift das etwas dicke Glas desselben convex, so kann man neben einem Bildchen vorbei nach dem anderen sehen und hat einen Apparat mit zwei Bildern.

Photolithographie, s. Art. Phototypie.

Photometer, d. h. Lichtmesser, nennt man ein Instrument, durch welches das Verhältniss der Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen bestimmt werden soll. Der Zweig der Optik, welcher sich hiermit beschäftigt, heisst Photometrie. Das hierbei zur Grundlage dienende Gesetz ist, dass die Stärke der Erleuchtung einer Fläche durch einen leuchtenden Punkt im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadraten der Entfernungen steht (s. Art. Licht. B. 4.).

Man hat eine ziemliche Anzahl von Photometern construirt, von denen die am häufigsten angewendeten folgende sind.

1) Das Photometer von Ritchie besteht aus einem beiderseits offenen, im Innern geschwärzten, etwa 15 bis 18 Zoll langen und 4 bis 6 Zoll breiten und hohen Kasten, dessen obere Fläche in der Mitte kreisförmig ausgeschnitten und mit einem nach oben sich verengenden Rohre versehen ist. Unter dem Ausschnitte stehen im Innern zwei unter 90° zu einander und unter 45° gegen die untere und obere Wand geneigte glatte und ebene Papierflächen. Die eine der zu vergleichenden Lichtquellen wirkt durch das eine offene Ende auf die eine Papierfläche, die andere durch das andere Ende auf die andere, und die stärker leuchtende Quelle wird soweit abgerückt, bis beide Papierflächen ganz gleich erleuchtet erscheinen. Steht die Lichtquelle L in der Entfernung E, die andere l in der Entfernung e, so verhalten sich die Leuchtkräfte $P_L : p_l = E^2 : e^2$.

2) Rumford's Photometer besteht aus einem auf einem Rahmen

ausgespannten Papierblatte, vor welchem sich in einem Abstande von 1 bis 2 Zoll ein Holzstäbchen von der Dicke eines gewöhnlichen Bleistiftes befindet. Die zu vergleichenden Lichtquellen werden auf der Seite des Stäbchens so aufgestellt, dass man auf der Papierfläche von dem Stäbchen zwei Schatten erhält, und die eine so lange verschoben, bis beide Schatten gleich dunkel erscheinen. Es muss hierbei dafür gesorgt werden, dass die Lichtstrahlen beider Quellen die Papierfläche möglichst unter demselben Winkel treffen, was man daran erkennt, dass die Schatten gleichweit ab von dem Stäbchen liegen; ausserdem ist es zweckmässig die Schatten von der Hinterseite der Papierfläche aus zu beobachten. Sind die Schatten gleich dunkel, so wird jeder von der anderen Lichtquelle gleich stark beleuchtet und das Verhältniss der Leuchtkräfte ist wieder das unter (1) angegebene.

3) Bunsens Photometer, welches sehr genau arbeitet, besteht aus einem auf einem Rahmen ausgespannten Papierblatte, auf dessen Mitte mit flüssigem Stearin oder Wachs ein runder Fleck gemacht ist. Stellt man diesen Schirm in einem sonst nicht weiter erhellten Zimmer — was auch sonst gilt — zwischen zwei Lichtquellen, so ist der Fleck von der übrigen Fläche nicht zu unterscheiden, sobald er von beiden Seiten gleich stark erleuchtet wird, während bei ungleicher Erleuchtung derselbe von Seite der schwächer erleuchtenden Quelle gesehen hell auf dunklem Grunde und von Seite der stärker erleuchtenden her dunkel auf hellerem Grunde erscheint. Jede Lichtquelle wirft Licht auf die Papierfläche und den Fleck; von der ersteren wird das Licht reflectirt, bei dem letzteren geht es aber durch. Ist nun der Fleck von dem Papiere nicht zu unterscheiden, so ist das durchgehende Licht am Flecke gleich dem reflectirten von dem Papiere; sind aber Fleck und Papier verschieden, so ist das durchgehende und das reflectirte Licht ungleich und offenbar da die grössere Helligkeit, wo das Licht intensiver ist. Das Verhältniss der Leuchtkräfte ist wieder wie vorher.

4) Bei dem Wheatstone'schen Photometer ist eine kleine polirte Stahlkugel auf dem Rande einer Holz- oder Korkspitze befestigt und diese sitzt auf einem Getriebe (s. Art. Räderwerk), welches in den inneren Umfang eines grösseren Zahnrades (Kronrades) eingreift. Dies Letztere ist auf dem Deckel einer kleinen Messingdose befestigt, die man in der einen Hand hält, während man mit der anderen das Zahnrad mittelst einer Kurbel auf der unteren Seite der Dose umdreht. Hierdurch wird auch das Getriebe in Bewegung gesetzt und zwar so, dass es sich nicht nur um seine Axe dreht, sondern zugleich um die Axe des Zahnrades einen Kreis beschreibt. Die Stahlkugel beschreibt in Folge dieser Bewegung des Getriebes eine rosettenartige Figur. Bringt man dies Photometer zwischen zwei Lichtquellen, so erhält man auf der Stahlkugel von jeder derselben einen leuchtenden Punkt und diese erscheinen bei schneller Bewegung als zwei rosettenförmig verschlungene Licht-

linien. Es kommt nun darauf an, dass die Lichtquellen in solchen Entfernungen stehen, dass beide Lichtlinien gleich intensiv erscheinen.

5) Dove hat eine sehr feine photometrische Messungsmethode angegeben mittelst des Mikroskops und einer mikroskopischen Photographie (s. Art. Photographie. C. 2.). Bringt man eine solche Photographie unter das Mikroskop, so erscheint das Bild bei intensiver Beleuchtung von unten in Bezug auf Licht und Schatten positiv; hingegen bei stärkerer Beleuchtung von oben negativ. Der Uebergang von dem positiven in den negativen Anblick oder umgekehrt lässt sich scharf bestimmen und es dient daher eine solche Photographie sehr zweckmässig zu photometrischen Messungen, wenn man das Licht der einen Quelle von oben und das der anderen von unten auf dasselbe fallen lässt, was durch passend angebrachte Röhren erreicht werden kann, und nun die eine Lichtquelle so verschiebt, bis der Uebergang stattfindet.

6) Wegen des Steinheil'schen Prismenphotometers s. Art. Prismenphotometer; wegen des von Schafhäutl angegebenen Universal-Vibrations-Photometers den Art. Universal-Vibrations-Photometer; wegen photometrischer Resultate den hier folgenden Artikel; vergl. auch Art. Polarisationsastrometer und Lamprotometer. Ein Polarisationsphotometer hat (1863) H. Wild in Poggend. Annal. Bd. 118. S. 196 angegeben.

Photometrie ist der Zweig der Optik, welcher sich auf die Bestimmung des Verhältnisses bezieht, in welchem die Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen zu einander steht. Die Messung wird mittelst des Photometers (s. d. Art.) ausgeführt. Die hier zu lösende Aufgabe gehört mit zu den wichtigsten Zweigen der Optik; denn sie spielt bei der Inflexion, Reflexion, Refraction, Absorption und Polarisation eine Hauptrolle. Schlimm ist es jedoch, dass man sich bei der Messung auf den im Auge hervorgebrachten Eindruck verlassen muss, der selbst bei derselben Person sehr verschieden ausfallen kann; ausserdem ist eigentlich noch keine Einigung über eine Einheit vorhanden, da die so häufige Vergleichung mit einer brennenden Kerze, von denen so und soviel auf ein Pfund gehen, keinen sicheren Anhalt geben kann. Man sollte wenigstens angeben, wieviel Brennmaterial in einer bestimmten Zeit von der als Einheit angenommenen Lichtquelle verzehrt wird. Rumford legte eine Argand'sche Lampe zu Grunde; ebenso bediente sich Bunsen einer Lampe, deren Flamme in einem inwendig geschwärzten Blechkasten steht, welcher an einer Seite ein Auszugsrohr trägt, an dessen äusserem Ende sich das Papier mit dem Stearinflecke befindet.

Von den photometrischen Resultaten müssen hier einige wenige genügen. Nach Bouguer ist das Licht der Sonne gleich dem von 11664 Wachslichtern in 16 par. Fuss Entfernung, nach Wollaston gleich dem von 5563 Kerzen in der Entfernung von 1 engl. Fuss. Redu-

cirt man Bouguer's Angabe ebenfalls auf die Entfernung von 1 engl. Fuss, so erhält man 5774 Wachskerzen, so dass beide Resultate ziemlich stimmen. Nach Foucault und Fizeau verhält sich die Stärke des Drummond-schen Lichtes zum Sonnenlichte wie 1 : 146. — Die Intensität des Vollmondlichtes ist nach Bouguer 250000 bis 300000 mal schwächer als die des Sonnenlichtes; nach John Michell 450000 mal; nach Euler noch achtmal weniger; nach Wollaston 800000 mal; nach Leslie nur 150000 mal. Nach Wollaston ist das Sonnenlicht 20000 Millionen mal intensiver als das des Sirius. — Lambert giebt die mittlere Helligkeit der Planeten in der Opposition folgendermassen an: Merkur = 6,6735; Venus = 1,9113; Erde = 1; Mars = 0,4307; Jupiter 0,037; Saturn = 0,011. — Nach Steinheil verhalten sich die Lichtmengen, welche die Fixsterne zur Erde senden, in folgender Weise: 6. Grösse 10; 5. 28; 4. 80; 3. 227; 2. 642 und 1. Grösse 1819.

Nach dem technischen Wörterbuche von Karmarsch und Heeren kann man für Kerzen folgende Durchschnittszahlen annehmen.

Lichtgattung.	Verzehrung in 100 Stunden preuss. alte Loth, wenn 1 Licht 100 Stunden, oder 2 Lichte 50 St. gebrannt werden.	Durchschnittliche Helligkeit, jene eines Wachslichts 4 Stück auf's Pfund zu 100 gesetzt.	Lichtmenge aus gleichem Gewichte, die Leuchtkraft des Wachses = 100.
Talg, 6 à Altpfd.	61	81	79,67
Stearinsäure 4 à Altpfd.	68	98	86,47
,, ,, 5	65	92	84,923
,, ,, 6	63	89	84,762
,, ,, 8	59	82	83,39
Wachs 4 à Altpfd	60	100	100
,, 6	55	92	100,3
,, 8	49	83	101,6
Wallrath 4 desgl.	66	118	107,27
,, 5	59	100	101,7
,, 6	55	96	104,72
Küchenlampe mit 3''',6 dickem Dochte	48	40,5	50,625
Flaschenlampe mit Docht von 8''',4 Durchmesser	294	680	138,77

Nach v. Liebig und Steinheil kommt für einen Consum von $4\frac{1}{2}$ engl. Cubikfuss in der Stunde das münchener Steinkohlengas = 10,84 und das bayreuther Holzgas = 12,92 münchener Normalwachslichtern.

Photophobie, s. Art. Lichtscheue.

Photosphäre nannte man die leuchtende Hülle, welche nach Herschel's Annahme die Sonne umgeben sollte. Nach den neuesten Er-

gebnissen der Forschung ist diese Ansicht nicht mehr haltbar, wie im Art. Sonne näher angegeben ist.

Phototypie bezeichnet die Kunst, die photographischen Bilder auf den lithographischen Stein, oder auf eine Stahlplatte, oder auf eine Kupferplatte zu übertragen und durch weitere chemische Mittel zum Abdrucke vorzubereiten. Man könnte unterscheiden Photolithographie und Photochalkographie, je nachdem man die Bilder auf Stein- oder Metallplatten überträgt.

Physharmonika, s. Art. Harmonium und Handharmonika, jenes ist die grössere, diese die kleinere Physharmonika.

Physik ist der Theil der Naturlehre (s. d. Art.), welcher sich mit der Ermittelung der Gesetze und Ursachen derjenigen Naturerscheinungen beschäftigt, bei denen die Veränderung nicht in einem Anderswerden des Stoffes besteht.

Physiologie heisst die Wissenschaft, welche die Erforschung derjenigen Erscheinungen zur Aufgabe hat, welche durch den Lebensprocess der organischen Körper bedingt sind.

Physiologische Wirkungen kommen in der Physik namentlich bei der Electricität und dem Lichte vor (vergl. Art. Galvanismus und Farbe. S. 310).

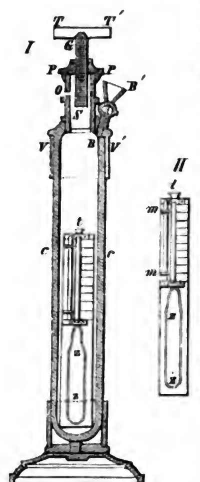
Pianoforte, s. Art. Clavier.

Piccolo, s. Art. Flöte.

Pictet'scher Versuch heisst ein von Pictet zuerst ausgeführter Versuch, durch welchen der experimentelle Nachweis geführt wird, dass die strahlende Wärme nach den Gesetzen des Lichtes reflectirt wird. Es gehören dazu zwei metallene Hohlspiegel, die so einander gegenüber stehen, dass ihre Axen zusammenfallen. Bringt man in den Brennpunkt des einen eine glühende Kohle, die man mit dem Blasebalge in Gluth erhält, und in den des anderen ein Stück Brennschwamm, so entzündet sich letzterer und zwar auf der Seite, welche von der Kohle abgewendet ist. Die von der Kohle ausgehenden Wärmestrahlen gehen, da sie vom Brennpunkte ausgehen, parallel der Axe vom Spiegel zurück, fallen also parallel der Axe auf den andern Spiegel und werden daher von diesem in den Brennpunkt, in welchem der Schwamm angebracht ist, reflectirt.

Piezometer oder Sympiezometer ist ein Instrument zum Nachweise der Zusammendrückbarkeit tropfbarer Flüssigkeiten. John Canton hat 1761 zuerst den richtigen Weg eingeschlagen, indem er die Flüssigkeiten in offene, thermometerartige Gefässe brachte und unter der Glocke einer Compressionspumpe einem grösseren Drucke aussetzte, der also nicht nur auf die Flüssigkeit, sondern auch auf das Gefäss wirkte. Oersted hat mit seinem Piezometer besonders Anerkennung gefunden. Umstehende Figur stellt das Instrument dar. Es ist *cc* von dickem Glase und der ebenfalls gläserne Behälter *zz*, welcher in ein oben bei *t* trichterförmig erweitertes Haarröhrchen ausläuft, bildet das

eigentliche Piezometer. Das Haarröhrchen ist in gleiche Theile getheilt, deren Capacität ein bekannter Bruch des weiteren Theiles ist. Gesetzt man füllt den weiten Theil mit Quecksilber und dies wiege 1000 Gramm; das Gewicht des in einer gegebenen Länge des Haarröhrchens enthaltenen Quecksilbers sei auch ermittelt und betrage auf eine Länge von 100 Millimeter 2 Decigramm; so entspricht, wenn das Haarröhrchen calibrirt ist, die Capacität von 1 Millimeter des Röhrchens $^{2}/_{1000000}$ von der Capacität des weiten Theiles. An der das Piezometer tragenden Platte, auf welcher sich meistens auch die Eintheilung des Röhrchens befindet, falls man sie nicht auf diesem selbst eingeschnitten hat, ist noch ein oben verschlossenes, unten offenes Glasrohr (*mm*) angebracht, welches als Luftmanometer zur Bestimmung des ausgeübten Druckes dient.



Um den Gebrauch zu erläutern, nehmen wir an, es solle die Zusammendrückbarkeit des Wassers ermittelt werden. Man füllt zunächst das Piezometer durch Erwärmung mit luftfreiem Wasser und sperrt dies entweder durch einen Quecksilbertropfen, den man auf *t* bringt, ab, oder man lässt nur eine kleine Luftsäule in dem Röhrchen. Hierauf bringt man das Piezometer in das bereits mit Wasser gefüllte Compressionsgefäss, wobei besonders darauf zu achten ist, dass keine merkliche Temperaturveränderung eintritt. Nun kommt der Verschluss des Compressionsgefässes zur Beachtung. Das obere Ende ist mit einem starken Metallringe *VV'* umgeben; in diesen wird ein genau cylindrisch ausgeschliffener Cylinder geschraubt, der einen genau schliessenden Kolben *s* enthält, welcher durch eine Schraube *G* in der Mutter *PP* mittelst des Griffes *TT'* vorwärts gedrückt werden kann. An dem Metallringe befindet sich noch eine Röhre *BB'*, durch welche Wasser eingegossen wird, während der Kolben *s* noch oberhalb der Oeffnung *o* steht. Läuft aus *o* Wasser aus, so wird die Röhre *BB'* abgesperrt und der Kolben *s* eingedrückt. Der Druck, welcher nun auf das Wasser im Compressionsgefässe ausgeübt wird, pflanzt sich mittelst der Oeffnung *t* auf die im Piezometer enthaltene Flüssigkeit fort; die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen beginnt zu sinken und das Manometer (*mm*) zeigt die Stärke des in jedem Augenblicke stattfindenden Druckes an.

Bei Oersted's Versuchen betrug die Zusammendrückbarkeit für eine Atmosphäre in Millionsteln des ursprünglichen Volumens für Quecksilber 1, Alkohol 20, Schwefelalkohol 30, Wasser 45, Schwefeläther 60.

Bis zu 70 Atmosphären blieb die Zusammendrückbarkeit des Wassers den drückenden Kräften proportional.

Es fragt sich bei dieser Versuchsweise, ob nicht das Piezometer, welches von innen und aussen denselben Druck erleidet, dadurch eine Veränderung seiner Capacität erfährt. Oersted glaubte dies vernachlässigen zu können. Poisson hat nachgewiesen, dass eine Verminderung der Capacität eintreten muss, und eine deshalb nöthige Correction angegeben, durch welche Oersted's Resultate in 2,65; 21,65; 31,65; 46,65 und 61,65 übergehen. — Auch Colladon und Sturm haben Versuche angestellt (vergl. Poggendorff's Annalen Bd. 12. S. 39), aus denen namentlich für Alkohol, Schwefeläther und Salzäther eine Abnahme der Zusammendrückbarkeit mit wachsendem Drucke hervorgeht.

Pigment des Auges ist die innere gefärbte Lage der Choroidea (s. Art. Auge). Die äussere Schicht bildet die eigentliche gefässreiche Aderhaut. Die innere schwarze Pigmentschicht besteht aus einer Lage dicht aneinander befindlicher (dodecaedrischer?) Zellen (Pigmentzellen), die mit sehr kleinen, länglich runden Körperchen angefüllt sind.

Pinte heisst in England ein Hohlmass für Flüssigkeiten, welches dem achten Theile eines Gallon gleich kommt. Auch in Frankreich war früher die Pinte im Gebrauch und hielt gesetzlich 48 Cubikzoll, in Wirklichkeit jedoch nur 46,95.

Pipe hiess früher in England ein Weinmass von 126 Gallon Gehalt.

Pipette ist ein kleiner gläserner Stechheber, der aber oben in eine offene Erweiterung mit umgebogenem Rande ausgeht, über welche eine elastische Haut gespannt wird, während der untere Theil aus einer Röhre besteht, die in eine sehr feine Oeffnung endet. Man bedient sich der Pipette zum Aufsaugen oder zum Zusetzen geringer Flüssigkeitsmengen, indem man im ersten Falle durch einen Druck auf die elastische Haut aus der leeren Pipette einen Theil der Luft entfernt und dann, nachdem die Spitze in die Flüssigkeit getaucht ist, mit dem Drucke nachlässt, im anderen Falle auf die elastische Haut der bereits mit etwas Flüssigkeit gefüllten Pipette einen Druck ausübt.

Pistole, electrische oder electrische Kanone oder Donnerbüchse oder Knallpistole ist ein Gefäss von der Form einer Pistole oder Kanone, welches mit Knallgas gefüllt, mit einem Korkpfropfen verschlossen und durch einen electrischen Funken zur Explosion gebracht wird. Das Gefäss ist gewöhnlich von Metall; seitwärts in der Nähe des Bodens geht durch eine Glasröhre isolirt ein Metalldraht, der beiderseits in eine kleine Kugel endet, von denen die innere der gegenüberstehenden Wand bis auf einen kleinen Abstand genähert ist, so dass ein electrischer Funke, den man auf den äusseren Knopf schlagen lässt, von der inneren Kugel auf die Gefässwand überspringt. Will man mit

der Pistole knallen, so entwickelt man in einer Flasche, durch deren luftdicht schliessenden Pfropfen eine Glasröhre geht, welche im Innern der Flasche nur eben aus dem Pfropfen hervorragt, während sie aussen die Länge der Pistole hat, Wasserstoffgas: steckt die geöffnete Pistole auf die Glasröhre; schliesst sie nach einigen Secunden durch den Pfropfen und lässt einen electrischen Funken überschlagen. Sollte der Pfropfen nicht abfliegen, so ist die Pistole mit Wasserstoffgas überladen und es ist nur nöthig in das wieder geöffnete Instrument etwas Luft mit dem Munde einzublasen, es wieder zu verschliessen und den Versuch mit dem electrischen Funken zu wiederholen. Schon der Funke eines Electrophor genügt zur Entzündung. Mischt man der Ladung der Pistole Schwefeläther-dünste bei, so wird die Detonation noch stärker. Auf demselben Princip beruht das electrische Feuerzeug (s. Art. Feuerzeug).

Pitot'sche Röhre ist ein Strommesser. Eine ganz oder nur theilweis aus Glas bestehende Röhre ist unten umgebogen und gewöhnlich an diesem Ende mit einem Trichter versehen. Lässt man die Röhre in einen Strom, so dass das Wasser gegen das umgebogene Ende strömt, so steigt dasselbe um so mehr über das äussere Niveau, je stärker die Strömung ist.

Pixii's Maschine ist eine magnetoelectrische. S. Art. Inductionsmaschinen.

Plagiedrisch nennt man Krystalle, an denen eigenthümliche hemiedrische Flächen vorkommen, welche zu den Krystallaxen nicht symmetrisch liegen. Es finden sich solche Krystalle namentlich bei dem Quarze.

Planconcav, s. Art. Concavglas.

Planconvex, s. Art. Convexglas.

Planeten } sind der Ableitung des Wortes nach Wandelsterne.
Planetoiden } d. h. Sterne, welche relativ zu den Gestirnen des Himmels ihren Ort verändern. So fasste man es im Alterthume auf, sonderte aber Sonne und Mond anfangs noch ab, weil sie grosse Scheiben bilden, obgleich auch sie ihren Ort in Bezug auf die Fixsterne ändern. Die Alten betrachteten die Erde als stillstehend und zählten 5 Planeten, erst später kam es auf, deren 7 zu rechnen, nämlich: Mond, Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Wir nehmen die Sonne als Centralkörper und verstehen jetzt unter Planeten — mit Ausschluss der Kometen — nur diejenigen Weltkörper, welche sich in elliptischen Bahnen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, um diese bewegen. Die Erde ist selbst ein Planet und der Mond ein Begleiter derselben, wie wir solche Begleiter auch noch bei anderen Planeten finden. Seit den zahlreichen nach dem Jahre 1845 gemachten Planetenentdeckungen zählt man bereits (bis Ende 1864) 90 Planeten, nämlich: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun und zwischen Mars und Jupiter 82 Planetoiden. Ausser durch ihre Ortsveränderung in Beziehung zu

den Fixsternen zeichnen sich die Planeten noch durch ihr matteres Licht aus, welches sich als reflectirtes herausstellt, und dadurch, dass sie durch Fernröhre betrachtet einen — wenigstens bei den eigentlichen Planeten — messbaren Durchmesser zeigen, wogegen die Fixsterne sämmtlich — mit Ausnahme der Sonne — auch bei den stärksten Vergrösserungen nur als Punkte erscheinen.

Die Planeten rücken unter den Fixsternen ostwärts fort, denn wenn auch bisweilen rückgängige Bewegungen vorkommen, so sind diese doch von keinem Bestande und im Ganzen ergiebt sich als Resultat ein östliches Fortschreiten. Bisweilen rücken nämlich die Planeten unter den Fixsternen hin und her und beschreiben dabei förmliche Schleifen. Die Unterbrechungen des Fortschreitens ergeben sich aber bei aufmerksamer Beobachtung als regelmässig wiederkehrende. Wir müssen jedoch selbst in Rücksicht der scheinbaren Bewegung der Planeten einen Unterschied machen und hiernach zwei Hauptarten von Planeten unterscheiden: die oberen und die unteren. Zu den unteren gehören nur Merkur und Venus; zu den oberen alle übrigen. Die Bezeichnung obere und untere bezieht sich aber darauf, dass die unteren der Sonne näher stehen als die Erde, die oberen hingegen sich von derselben weiter ab befinden als diese.

Ohne hier auf den scheinbaren Lauf der Planeten ins Einzelne einzugehen, sei nur bemerkt, dass alle scheinbaren Unregelmässigkeiten sich aus den verschiedenen Stellungen erklären, welche die Planeten von der Erde aus betrachtet gegen Sonne und Fixsterne annehmen müssen, da die Erde sich gleichfalls um die Sonne bewegt. Schon die regelmässige Wiederholung der scheinbar so verwickelten Erscheinungen, das Auftreten der Schleifen oder Schlingen zur Zeit der Opposition oder zur Zeit der grössten Ausweichung spricht hierfür, da zu jenen Zeiten die Stellungen der Planeten gegen die Sonne und die Erde stets dieselben sind und auch die mittlere Zeit, welche zu den einzelnen Perioden erforderlich ist, sich gleich bleibt. Noch überzeugender ergiebt sich aber die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von der Sonne daraus, dass die mittlere Zeit, welche zwischen zwei nächsten Durchgängen eines Planeten durch denselben Knoten, d. h. durch die Ebene der Ecliptik, dieselbe bleibt, mag der Planet sich hierbei direct oder retrograd, schneller oder langsamer bewegen. Diese Zeit ist aber offenbar die Zeit eines ganzen Umlaufes des Planeten um die Sonne. Jene Punkte des Durchgangs müssen, von der Sonne aus gesehen, dieselben sein, wie von der Erde aus gesehen, weil in dem Augenblicke, in welchem er eintritt, Sonne. Erde und Planet in der Ecliptik liegen. Man wird daher den Planeten stets wieder bei demselben Fixsterne sehen — falls der Knoten selbst seine Stellung nicht verändert. was ziemlich nahe der Fall ist, und deshalb nennt man einen solchen Umlauf eine siderische Revolution.

A. Man hat sich im Alterthume vielfache Mühe gegeben und Hypothesen ersonnen, um die scheinbare Bewegung der Himmelskörper zu erklären; konnte aber zu keinem richtigen Resultate gelangen, weil man die Erde als feststehend in der Mitte des Planetensystems annahm. Die erste Erklärung der Planetenbewegungen versuchte Ptolemäus (gest. um 150 nach Chr.). Sein ursprüngliches System war: 1) Die Erde steht fest und unbeweglich im Mittelpunkte. 2) Um diesen Mittelpunkt liegen 7 concentrische Kreise für die 7 alten Planeten — Sonne und Mond nämlich mit gerechnet. 3) Dann kommen 5 concentrische Kugelschaalen (Sphären) für die Fixsterne von verschiedener Grösse. 4) Hinter diesen Sphären befindet sich das *primum mobile*, d. h. die bewegende Kraft oder das Weltrad. 5) Ausserhalb liegt dann noch das Reich der Seligen.

Bald sah man das Ungenügende dieses Systems, riss sich aber nicht ganz davon los, sondern verbesserte es und dies verbesserte Ptolemäische System ist das ägyptische oder epicyklische. Das von Hipparch bereits 250 Jahre vor Ptolemäus entdeckte Zurückweichen der Nachtgleichen zwang noch zwei bewegende Sphären anzunehmen. Um Tag und Nacht zu erklären, war eine vierte bewegende Kraft oder Sphäre erforderlich, durch welche die übrigen Kreise und Sphären täglich einmal in entgegengesetzter Richtung — von Osten nach Westen — umgedreht werden sollten. — Die Erscheinungen der unteren Planeten zwangen zu der Annahme, dass die Sonne zwei kleinere Kreise, in deren Mittelpunkt stets die Sonne steht, mit sich herumführe. Dies war schon ein Schritt zu dem wahren Systeme; aber bei den oberen Planeten blieb man dabei, dass Kreise die Grundlage bildeten, in deren Mittelpunkte die Erde stehe, aber auf dem Umfange des Kreises bewege sich mit seinem Mittelpunkte ein kleinerer Kreis und in diesem kleineren Kreise nehme der Planet erst seinen Lauf. — Für Sonne und Mond behielt man anfangs den einfachen Kreis bei; da man aber fand, dass die Sonne zu einer gewissen Zeit — jetzt am 2. Jannar — einen grössten und ein halbes Jahr später — jetzt am 2. Juli — einen kleinsten scheinbaren Durchmesser hat, so sah man sich später genöthigt, die Erde nicht mehr in den Mittelpunkt des Kreises für die Sonne zu setzen, sondern den Kreis excentrisch anzunehmen. — Stimmten trotzdem die Beobachtungen nicht mit den voransberechneten Oertern namentlich der Planeten, so ging man auf dem einmal eingeschlagenen Wege weiter, liess den Planeten sich nicht auf dem zweiten Kreise bewegen, sondern setzte auf den Umfang dieses zweiten Kreises noch einen dritten mit seinem Mittelpunkte und nahm an, dass der Planet auf der Peripherie dieses dritten Kreises seinen Lauf nehme. Ja man ging wohl noch zu mehr Kreisen, die in gleicher Weise auf einander sich bewegten. Man baute so Kreis auf Kreis oder Epicyklen. — Es sei nur noch bemerkt, dass Ptolemäus seinen Sphären und Kreisen keine reelle Existenz



zugeschrieben hat, sondern ihm sein System nur als eine geometrische Auffassungsweise galt, durch welche sich die scheinbaren Bewegungen des Himmels den Beobachtungen gemäss darstellen liessen.

Nicolaus Copernikus aus Thorn (geb. 1472, gest. 24. Mai 1543) veröffentlichte kurz vor seinem Todestage ein neues, nach ihm das copernikanische genanntes, System. Nach diesem steht die Sonne still im Mittelpunkte unseres Planetensystems; die Erde und alle Planeten bewegen sich um die Sonne und drehen sich um sich selbst von Westen nach Osten; Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn sind Planeten, aber der Mond ist ein Trabant der Erde. Copernikus hatte dies System nicht eigentlich mathematisch begründet, sondern nur als eine Idee hingestellt, welche auf Wahrscheinlichkeit Anspruch machen dürfe. Kepler (geb. 27. Decbr. 1571, gest. 15. Nov. 1631) legte dies System zu Grunde bei der Berechnung der für die damalige Zeit ausgezeichneten Beobachtungen des Tycho de Brahe (geb. 14. Decbr. 1546, gest. 24. Octbr. 1601) und fand seine berühmten drei Gesetze: 1) Die Planeten bewegen sich nicht in Kreisen um die Sonne, sondern in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. 2) Die Planeten durchlaufen in gleichen Zeiten gleiche Ellipsenausschnitte. 3) Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Cuben der mittleren Entfernungen von der Sonne.

Es war ein Glück, dass die durch Kepler in der Astronomie zu Stande gebrachte Revolution mit der Erfindung der Fernröhre zusammenfiel; dass das eben entdeckte Mondensystem des Jupiter gewissermassen das Sonnensystem im Kleinen wiedergab; dass Galilei über die Schwere Aufschluss gegeben hatte; dass Napier durch seine Logarithmen den Astronomen das Rechnen erleichtert hatte und dergl. mehr. Das rege Leben, welches auf dem hier in Rede stehenden Gebiete herrschte, führte endlich Newton (geb. 25. Decbr. 1642, gest. 20. März 1727) zu der Entdeckung der allgemeinen Gravitation, aus welcher der Beweis geführt wurde, dass die Planeten sich nicht anders bewegen konnten, als es Kepler gefunden hatte.

B. Von den uns jetzt bekannten Planeten unseres Sonnensystems kannten die Alten ausser unserer Erde nur die mit unbewaffneten Augen sichtbaren: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Am 13. März 1781 bemerkte Herschel durch sein 7füssiges Fernrohr bei einer 227maligen Vergrösserung, dass das sogenannte *Gregorium sidus*, welches für einen Fixstern sechster Grösse gehalten wurde, eine Scheibe von merklichem Durchmesser hatte. Er verfolgte den Stern anhaltend und gewann die Ueberzeugung, dass derselbe ein Planet sein müsse. Dies war der Uranus, der noch jenseits des Saturn seine Bahn beschreibt. Ueber die Entfernungen der Planeten von der Sonne empfiehlt



sich als mnemonisches Mittel das sogenannte Titius'sche oder Bode-sche Gesetz: Setzt man die Entfernung des Mercur von der Sonne = 8, so ist die der Venus 8 + 3 . 2 = 14, der Erde $8 + 3 . 2^2$ = 20, des Mars $8 + 3 . 2^3 = 32$, des Jupiter $8 + 3 . 2^5 = 104$, des Saturn $8 + 3 . 2^6 = 200$, des Uranus $8 + 3 . 2^7 = 392$ Millionen Meilen. Dies Gesetz ist zwar nicht richtig, denn es giebt die Entfernung bei den meisten Planeten zu gross, bei der Venus zu klein; man könnte wohl höchstens sagen, dass — abgesehen von dem Sprunge in dem angeführten Gesetze von $8 + 3 . 2^3$ auf $8 + 3 . 2^5$ — jede folgende Bahn $1^1/_2$ bis 2mal weiter von der Sonne absteht als die vorhergehende. Indessen war die Lücke zwischen Mars und Jupiter auffallend, so dass man auf den Gedanken kam, es müsse hier ein Planet fehlen, für welchen $8 + 3 . 2^4 = 56$ gelten werde. Ausserdem schien es nicht unwahrscheinlich, dass die Reihe noch weiter gehen dürfte und also auch in den Entfernungen $8 + 3 . 2^8$, $8 + 3 . 2^9$... Millionen Meilen Planeten sich befinden möchten. Ja man warf auch die Frage auf, ob es nicht vielleicht auch Planeten gebe, welche näher als der Mercur an der Sonne ständen.

Namentlich Bode machte auf die Lücke zwischen Mars und Jupiter aufmerksam, und beim Ablauf des vorigen Jahrhunderts vereinigten sich daher mehrere Astronomen, um auf den vermutheten, wie man annahm, sehr kleinen Planeten Jagd zu machen. Da entdeckte Piazzi in Palermo, ohne von dem Unternehmen der vereinten Astronomen etwas zu wissen, am 1. Januar 1801 im Sternbilde des Stiers den später Ceres genannten kleinen Planeten, der in die bezeichnete Lücke passt. Olbers in Bremen entdeckte darauf am 28. März 1802 einen zweiten in dieselbe Lücke gehörigen, ebenfalls kleinen Planeten, die Pallas; desgl. am 1. Sept. 1804 Harding, damals in Lilienthal, später in Göttingen, einen dritten, die Juno. So hatte man drei Planeten statt eines einzigen zwischen Mars und Jupiter. Ceres und Pallas zeigten in der Grösse, Lage ihrer Bahn und Bewegung grosse Aehnlichkeit, und so kam Olbers auf den Gedanken, diese kleinen Planeten möchten Trümmer eines grösseren sein, der auf irgend eine Weise eine Explosion erlitten habe. Wäre dies richtig, so könnte man auf die Auffindung noch mehrerer Stücke rechnen und am sichersten würde man sie da finden, wo sie mit ihren Bahnen die Erdbahn durchschneiden, was im Sternbilde der Jungfrau geschieht. Olbers beobachtete hier fleissig und so entdeckte er am 29. März 1807 die Vesta. Man nannte diese kleinen Planeten Planetoiden. Noch mehrere Stücke wollten sich nicht finden lassen, so dass man die Idee von der Zertrümmerung eines grösseren Planeten nicht gelten lassen mochte. Da entdeckte Henke in Driesen, ein früherer Postbeamter, der sich namentlich mit der Revision der Sternkarten beschäftigte, am 8. Decbr. 1845 noch einen fünften Planetoiden, welcher Asträa genannt wurde. Dies gab einen neuen

Anstoss, nach ferneren Genossen zu suchen, und so ist seit 1847 bis jetzt kein Jahr vergangen, in welchem nicht einige neue Planetoiden entdeckt worden wären, deren Zahl am 26. April 1865 auf 83 gestiegen ist. Im Jahre 1847 entdeckte Henke die Hebe und John Hind in London die Iris und Flora. — Die Lücke zwischen Mars und Jupiter ist somit reichlich ausgefüllt und wahrscheinlich ist noch nicht die ganze Zahl entdeckt. Die Bahnen dieser Planetoiden erstrecken sich durch einen Raum von 25 Millionen Meilen Tiefe. Flora (Nr. 8) ist dem Mars am nächsten, Cybele (Nr. 65) dem Jupiter. Die mittlere Entfernung der ganzen Gruppe ist 55 Millionen Meilen und 35 Planetoiden haben nahezu diese Entfernung. Jupiter hat einen grossen Einfluss auf die Bahnen und so steht jetzt Ceres vor Pallas, während vor 60 Jahren Pallas mit der kleineren Umlaufszeit voran stand. Die Planetoiden sind sehr klein. Aus dem Sehwinkel ist der Durchmesser des grössten, nämlich der Vesta, zu 66 Meilen berechnet worden; Argelander gab denselben aus der relativen Helligkeit zu 59 Meilen an; Ceres soll einen Durchmesser von 49 Meilen haben, Pallas von 34, Juno und noch sieben andere zwischen 20 und 30, und so nimmt die Grösse immer mehr ab bis auf den kleinsten Planetoiden Hestia von nur $3^1/_3$ Meile. Auch Stampfer hat durch photometrische Messungen die wahren Durchmesser zu bestimmen gesucht. — Im Gegensatze zu der Hypothese von Olbers, dass zwischen Mars und Jupiter ein grösserer Planet zertrümmert sei, hat man die umgekehrte Hypothese aufgestellt, dass es hier — nach der Laplace'schen Theorie — nicht zur Bildung eines Hauptplaneten gekommen sei, sondern dass sich die Ringtrümmer für sich herum trieben.

Dass es auch jenseits des Uranus noch Planeten geben werde, hatte namentlich Mädler betont. Schon 1812 hatte Gerdum sogar das Dasein von noch sechs Planeten in diesen fernen Regionen behauptet. Es spricht hierfür der ungeheure Raum von über 4 Billionen Meilen bis zum nächsten Fixsterne (α des Centaur); die Bahn des Kometen von 1680, welcher im Aphelium die Entfernung des Uranus von der Sonne 40mal übertrifft und doch auch da noch der Anziehung durch die Sonne unterliegt. Nun kommt zu diesen Wahrscheinlichkeiten eine Anomalie im Laufe des Uranus, die sich nur durch die Annahme eines entfernteren, auf ihn störend einwirkenden Planeten erklären lässt. Der Planet müsste ungefähr in einer Entfernung von $8 + 3 \cdot 2^8$ Millionen Meilen von der Sonne entfernt sein und eine mittlere Umlaufszeit nach Kepler's drittem Gesetze von 216 bis 218 Jahren haben. Leverrier in Paris machte sich an die Aufgabe, aus den Abweichungen im Laufe des Uranus zwischen Theorie und Beobachtung den Ort und die Masse des unbekannten Planeten zu bestimmen. Gleichzeitig hatte Adams in Cambridge sich dieselbe Aufgabe gestellt, ohne dass der Eine von dem Andern dies wusste. Die Resultate stimmten fast genau überein, aber Leverrier

kam mit der Veröffentlichung früher, theilte im Januar 1846 der Academie der Wissenschaften zu Paris mit, dass er den Ort des unbekannten Planeten voraus berechnet habe, machte die Elemente bekannt und Galle in Berlin fand am 23. Septbr. 1846 den Planeten wirklich in der Nähe der bezeichneten Stelle. Der neue Planet erhielt den Namen Neptun. Ist die Bahn des Neptun erst längere Zeit beobachtet, so ist es nicht unmöglich, dass man durch etwaige Unregelmässigkeiten zum Aufsuchen eines noch ferneren Planeten veranlasst wird.

Ob es etwa einen noch näheren Planeten als Merkur gebe, dürfte sich am ersten noch durch Vorübergänge dieses Fremdlings vor der Sonne entscheiden lassen. Nach Leverrier zeigen sich im Laufe des Merkur allerdings Unregelmässigkeiten, welche für das Vorhandensein eines oder mehrerer Planeten zwischen Merkur und Sonne sprechen. Im Januar 1859 wollte der französische Arzt Escarbault einen kleinen schwarzen Punkt auf der Sonnenscheibe entdeckt haben, der eine Sehne der Sonnenscheibe in einer Stunde durchlaufen habe. Es schien dies Leverrier selbst nicht ohne Anhalt zu sein und er sprach sich daher für einen Planeten von 26 Tagen Umlaufszeit aus; aber alle Bemühungen sind bisher vergeblich gewesen, denselben, dem man den Namen Vulcan beilegte, nochmals zu beobachten.

C. Die Planeten kann man in drei Gruppen theilen, deren mittelste von den Planetoiden gebildet wird; Merkur, Venus, Erde und Mars sind die inneren, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die äusseren Planeten. Von den inneren Planeten hat nur die Erde einen Mond; von den äusseren führt jeder einen oder mehrere Monde mit sich, als Trabanten oder Nebenplaneten. Der Jupiter besitzt vier Monde, entdeckt 1610 von Galilei und Simon Marius unabhängig von einander. Saturn hat acht Monde und einen eigenthümlichen dreitheiligen Ring. Diese Monde sind nur durch gute Fernrohre wahrzunehmen; am leichtesten noch der sechste, welcher an Volumen den Mars übertrifft. Huyghens entdeckte 1655 den sechsten (Titan); Cassini den achten (Japetus), dann den fünften (Rhea), darauf den vierten (Dione) und den dritten (Thetis) während des Zeitraums von 1671—1687; Herschel 1788 den zweiten (Enceladus) und 1789 den ersten (Mimas); der siebente (Hyperion) ist erst 1852 von Lassell gefunden worden. Bei dem Uranus sind vielleicht sechs Monde, aber davon sind nur vier sicher, von denen den zweiten und vierten Herschel am 11. Januar 1787 entdeckte. Am Neptun ist von Lassell in England und Bond in Nordamerika ein Mond sicher nachgewiesen, doch sind deren mehrere wahrscheinlich; Lassell glaubt sogar einen Ring, wie bei dem Saturn, gesehen zu haben.

Auffallend ist bei sämmtlichen Planeten ihre Rechtläufigkeit, die geringe Abweichung der elliptischen Bahnen vom Kreise oder die geringe

Excentricität und die geringe Neigung der Bahnen zu einander und also zur Ecliptik. Wenn man die Planetoiden mit in Rechnung nimmt, so beträgt die Excentricität doch höchstens nur 33 Procent von der mittleren Entfernung und die grösste Neigung der Bahn 34 Grad. Bei den eigentlichen Planeten hat Merkur, also der kleinste, die grösste Excentricität, nämlich 20 Procent, und 7 Grad Bahnneigung, während bei den übrigen keine Excentricität 10 Procent und keine Bahnneigung 4 Grad erreicht. In neuerer Zeit hat man noch eine Uebereinstimmung an den Planeten entdeckt, nämlich die Convergenz der Perihelien auf einen Punkt, der sehr nahe in der Richtung nach der Plejadengruppe liegt. Hierdurch ist man sogar zu der Annahme einer Centralsonne (s. Art. Fixsterne) veranlasst worden.

Der Erde am Aehnlichsten sind die inneren Planeten. Venus kommt an Grösse und Masse der Erde am nächsten, denn ihr Durchmesser ist nur einige Meilen kleiner. Die Atmosphäre der Venus soll nach Mädler dichter sein als die Erdatmosphäre. — Mars ist zwar viel kleiner als die Erde, scheint ihr aber in seiner Oberflächenbeschaffenheit am meisten zu gleichen. An seinen Polen scheint ewiger Schnee zu liegen, wechselnd an Ausdehnung mit den Jahreszeiten; auch will man Abend- und Morgenröthe beobachtet haben. Die Umdrehungszeit um die eigene Axe ist bei der Venus 39 Minuten kleiner, bei dem Mars 37 Minuten grösser, als 24 Erdstunden.

Die äusseren Planeten sind grösser als die Erde. Jupiter übertrifft alle an Grösse und Masse, Uranus ist der kleinste. Jener hat ein 1414mal grösseres Volumen und eine 340mal grössere Masse als die Erde; dieser nur ein 82mal grösseres Volumen und eine $14\frac{1}{2}$mal grössere Masse. Alle haben, wie es scheint, eine kurze Axendrehungszeit; wenigstens steht eine solche von etwa 10 Stunden beim Jupiter und von $10\frac{1}{2}$ Stunden beim Saturn fest. Daher findet man auch eine starke Abplattung. Bei dem Jupiter ist der Durchmesser des Aequators 1494 Meilen grösser als die Axe, während bei der Erde der Unterschied nur etwa 6 Meilen beträgt. Aus dem Gebiete der Thatsachen sei nur noch angeführt, dass man auf der Jupiteroberfläche in der Nähe des Aequator merkwürdige Parallelstreifen bemerkt hat, die auf Wolkenbildung in der Jupitersatmosphäre hindeuten oder vielleicht auch mit den Sonnenflecken verwandt sind. Auch auf dem Saturn hat man in der Richtung des Aequators Streifen bemerkt. Einzig steht dieser Planet da durch sein Ringsystem. Man kennt jetzt drei Ringe, von denen die beiden äusseren hell, der innere dunkler ist. Ob es noch einen zweiten oder noch mehrere dunklere Ringe in noch grösserer Nähe des Planetenkörpers giebt, und ob der äusserste Ring noch getheilt ist, darüber ist zur Zeit noch nichts entschieden. Geht man von der Laplace'schen Theorie aus, so scheint es, als ob in diesen Ringen Trabanten noch in ihrer



ursprünglichen Form vorhanden seien und also noch ein Zustand in der Bildung vorliege, welchen die inneren Planeten längst hinter sich haben.

Ueber andere Verhältnisse auf den äusseren Planeten ist der Phantasie ein weiter Spielraum gelassen und es scheint daher nicht rathsam, dies Gebiet hier zu betreten.

Planimeter heisst ein Instrument, durch welches der Flächeninhalt ebener gezeichneter Figuren auf mechanischem Wege gefunden werden soll, um die directe Berechnung ganz oder theilweis zu ersparen. Es lassen sich diese Instrumente nicht leicht in der Kürze beschreiben und deshalb geben wir hier einige Nachweise. Physikalisches Lexicon von Marbach und Cornelius. 2. Aufl. Art. Planimeter; Dingler's polyt. Journ. Bd. 82. S. 251, Bd. 86. S. 33, Bd. 116. S. 424, Bd. 122. S. 420, Bd. 137. S. 82 und 84, Bd. 140. S. 27. Bei dem österreich. Kataster sind Planimeter in Gebrauch. Ein Hauptverdienst um die Construction hat sich Oppikofer aus Untereppikon im Thurgau erworben. Das sogenannte Ernst'sche Planimeter von dem Mechaniker Ernst in Paris ist eigentlich das Oppikofer'sche mit einigen Verbesserungen, deren später von anderen Seiten, z. B. von John Sang, von Wetli, von Hansen in Gotha, ebenfalls angegeben und ausgeführt worden sind.

Plastisch, d. h. bildsam, s. Art. Geschmeidigkeit.

Platinfeuerzeug oder Döbereiner'sches Feuerzeug, s. Art. Feuerzeug. S. 335.

Platiniren heisst ein Metall mit einem Ueberzuge von Platin versehen oder mit Platin plattiren. Es geschieht das gewöhnlich auf galvanischem Wege, da das Platin durch Löthen mit anderen Metallen nicht verbunden werden kann, theils weil das Loth nur schwierig an allen Stellen bindet, theils weil es in das Platin eindringt. Mit Silber kann eine dauerhafte Verbindung des Platin durch Walzen erzielt werden; das Silber muss aber eine reine metallische Oberfläche besitzen, die mittelst eines Schabeisens hergestellt wird. Man platinirt daher wohl auch andere Metalle dadurch, dass man sie erst versilbert. Die zu galvanischer Verplatinirung erforderliche Lösung erhält man, wenn man 100 Theile Platin in vorsichtig eingetrocknetes Platinchlorid verwandelt, dies in Wasser löst, 100 Theile Aetzkali hinzusetzt, den entstandenen Niederschlag mit einer Lösung von 200 Theilen Oxalsäure übergiesst, erhitzt, filtrirt und zur Lösung 300 Theile Aetzkalilauge hinzufügt.

Platten, schwingende, s. Art. Klangfiguren.

Plattencompensation oder Streifencompensation, s. Art. Compensationspendel. 3.

Platzregen nennt Dove stille Gewitter. S. Art. Regen und Gewitter. S. 401.

Platzung nennt man eine beim Einschlagen des Blitzes eintretende

Erscheinung, wenn nämlich der Blitz bei seinem Herabfahren einen Leiter trifft, der nicht ohne Unterbrechung bis zur Erde herabreicht, so dass der Blitz von dem Leiter auf einen anderen überspringen muss. Dasselbe geschieht, wenn der Leiter für die Stärke des Blitzes nicht hinreichend ist. Dann wird der electrische Strom gleichsam einen Augenblick gehemmt und springt rings herum, bis er einen neuen Leiter gefunden hat. Bei den Platzungen zeigt sich gerade die zerstörende Gewalt des Blitzes und befindet sich ein brennbarer Körper in der Nähe, so wird derselbe entzündet. Vergl. Art. Gewitter.

Pleochroismus, s. Art. Dichroismus.

Pluviometer, s. Regenmesser.

Pneumatik oder Aerodynamik (s. d. Art.). Vergl. auch Art. Mechanik.

Pneumatisches Feuerzeug oder Mollet's Pumpe, s. Art. Feuerzeug. S. 335.

Poetischer Auf- und **Untergang** der Gestirne, s. Art. Untergang.

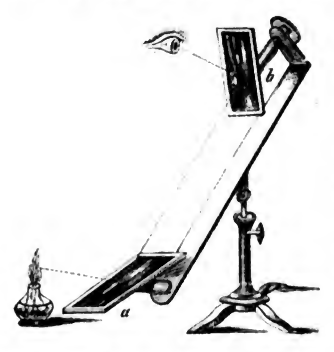
Poikilogramm nannte Flaugergues den Raum hinter einem schmalen Körper, an welchem das Licht eine Beugung (s. Art. Inflexion) erleidet, in welchem scheinbar der Schatten ganz verschwindet und nur helle Streifen in einander laufen. Man könnte also Poikilogramm als einen bunten Halbschatten erklären.

Pol, s. Art. Polarität.

Polareis, s. Art. Eis.

Polarisation. A. Polarisation des Lichtes. a) Unter gewissen Umständen verliert das Licht die Fähigkeit, von einer Fläche bei verschiedener Lage der Einfallsebene (— vergl. Art. Brechung. A. I. S. 116. —) in gleicher Weise reflectirt zu werden. Man sagt alsdann, dass das Licht polarisirt sei, und nennt überhaupt diese Eigenthümlichkeit die Polarisation des Lichtes. Um sich die Erscheinung klar zu machen, lasse man einen gewöhnlichen Lichtstrahl auf einen Spiegel unter möglichst verschiedenen Einfallswinkeln fallen und überzeuge sich, dass der Strahl stets reflectirt wird. Nun lasse man aber einen Lichtstrahl unter einer Neigung von 35° 25′ auf einen ebenen Spiegel treffen und fange den reflectirten Strahl mit einem zweiten Spiegel so auf, dass er zu demselben wieder die angegebene Neigung hat, so wird man finden, dass der Lichtstrahl nicht bei allen Lagen des zweiten Spiegels gleich gut reflectirt wird, dass also der Lichtstrahl durch die erste Reflexion in einen polarisirten Strahl umgewandelt ist. Zu bequemerer Beobachtung der Polarisationserscheinungen hat man besondere Apparate construirt, die man Polarisationsapparate nennt. Einen solchen Apparat zur Anstellung des angegebenen Versuchs, der als Fundamentalversuch bezeichnet werden kann, stellt umstehende Figur dar. Man schwärze — um eine Reflexion nur von der

einen Glasfläche zu erhalten, da bei den gewöhnlichen Glasspiegeln beide Flächen reflectiren — zwei Stücken Spiegelglas von etwa 3 Zoll Breite und 6 Zoll Länge auf einer Seite mit Tusche, fasse sie wie Spiegel und befestige sie auf der Rückseite an Holzklötzchen in einer Neigung von 35° 25′. Den einen Spiegel bringe man auf einer 2 bis 3 Fuss langen Latte an dem einen Ende unter der angegebenen Neigung fest an, wie es *a* in der Figur zeigt, den andern an dem anderen Ende, jedoch an einer daselbst hervortretenden Leiste drehbar, wie bei *b* in der Figur, so dass er zu der der Latte parallelen Axe stets die Neigung von 35° 25′ behält. Lässt man nun auf den festen Spiegel *a* Licht, z. B. von einer Spirituslampe, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist, fallen, so dass der reflectirte Strahl parallel mit der Latte auf den anderen Spiegel fällt, so erblickt man in dem drehbaren Spiegel das Bild der Flamme mit einer gewissen Intensität, sobald beide Reflexionsebenen zusammenfallen, die Intensität wird aber immer schwächer, wenn man den zweiten Spiegel dreht, bis beide Reflexionsebenen einen Winkel von 90° bilden, in welcher Stellung die Flamme kaum noch wahrzunehmen ist. Fallen beide Reflexionsebenen zusammen, so ist also die Intensität im drehbaren Spiegel am grössten, nimmt ab bis zu einer Drehung des Spiegels um 90°, nimmt wieder zu bis zu einer Drehung von 180°, nimmt dann wieder ab bis zu 270° und hierauf wieder zu bis zu 360°.



Die Ebene, in welcher die Reflexion eines polarisirten Strahles am vollständigsten ist, nennt man die Polarisationsebene, und den Winkel, welchen der Lichtstrahl mit dem Spiegel bilden muss, wenn die Polarisation am stärksten sein soll, den Polarisationswinkel. Der erste Spiegel, von welchem das Licht als polarisirtes reflectirt wird, heisst der Polarisationsspiegel, der andere, welcher das Licht auffängt, Zerlegungsspiegel.

Die Entdeckung, dass das Licht durch blosse Reflexion polarisirt werden könne, machte 1808 der Franzose Malus und dadurch schuf er einen der merkwürdigsten Zweige der Optik. Schon früher hatte man aber ähnliche Erscheinungen wahrgenommen, ohne indessen das Räthsel zu lösen. Jetzt schien es nach der Emanationstheorie (s. d. Art.) klar zu sein, dass man dem polarisirten Lichtstrahle oder Lichtbündel eine Seitlichkeit zuschreiben müsse, d. h. dass man rechts und links, oben und unten in demselben zu unterscheiden habe, während ein natürliches

Lichtbündel nach allen Seiten hin gleichartig erscheint. Diese Seitlichkeit nannte man nun Polarisation des Lichtes, analog den verschiedenen Polen eines Magnets.

Zu den bereits früher wahrgenommenen Erscheinungen, welche zur Polarisation gehören, zählt eine Beobachtung von Huyghens, so dass man diesen sogar als Entdecker der Polarisation ansehen könnte, da er sich mit voller Klarheit über das Merkwürdige der Erscheinung ausspricht, allerdings ohne die Entstehungsweise zu erkennen. Die Beobachtung von Huyghens ist im Wesentlichen folgende. Legt man auf einen isländischen Doppelspath (s. Art. Brechung. A. II. S. 119) einen zweiten und sieht in einer Richtung, welche auf einer Fläche senkrecht steht, hindurch nach einem Punkte, so erblickt man vier Bilder von gleicher Lichtstärke, wenn die Hauptschnitte beider Krystalle sich unter einem Winkel von 45^0 schneiden; stehen hingegen die Hauptschnitte senkrecht auf einander, oder sind sie parallel, so erscheinen nur zwei Bilder; in allen übrigen Lagen sieht man zwar vier Bilder, doch sind zwei davon immer lichtschwächer als die beiden anderen.

War Huyghens die Entstehungsweise noch ein Räthsel, so ist sie es nach der Entdeckung von Malus nicht mehr. Die Antwort ist, dass der ordinäre und extraordinäre Strahl eines doppeltbrechenden Körpers entgegengesetzt polarisirt sind. Dies bestätigt das Experiment. Lässt man den aus einem Doppelspathe austretenden ordinären Strahl unter 35^0 25′ auf einen Zerlegungsspiegel fallen und liegt die Ebene des Hauptschnittes parallel der Reflexionsebene, so findet vollständige Reflexion statt, aber gar keine, wenn diese Ebenen senkrecht zu einander stehen; lässt man hingegen den extraordinären Strahl auffallen, so ist es bei derselben Lage gerade umgekehrt.

Nachdem die Polarisation des Lichtes durch Reflexion und an den doppeltbrechenden Körpern erkannt war, entdeckten Malus, Biot, Seebeck und Brewster unabhängig von einander noch eine dritte Art der Polarisation, nämlich durch einen Glassatz. Lässt man einen Lichtstrahl unter einem Winkel von 35^0 25′ auf eine Schicht mehrerer aneinander gelegter Glasscheiben, d. h. auf einen Glassatz, fallen, so wird ein Theil des Lichtes reflectirt, ein anderer Theil geht durch das Glas, wird gebrochen und tritt parallel dem einfallenden Strahle auf der anderen Seite wieder heraus. Das reflectirte Licht sowohl, wie das durchgegangene ist polarisirt, doch verhalten sich beide zu einander entgegengesetzt, wie es auch bei dem Doppelspathe der Fall ist, und zwar ist das reflectirte Licht dem ordinären Strahle analog.

b) Das nähere Studium der merkwürdigen Erscheinung ergab nun zunächst in Bezug auf einfache Reflexion, dass jede Substanz ihren eigenthümlichen Polarisationswinkel hat. Lässt man z. B. auf einen geschwärzten Glasspiegel ein Lichtbündel unter einem anderen Winkel als 35^0 25′ auffallen, z. B. unter 20^0, und so dass dasselbe den

Zerlegungsspiegel ebenfalls unter 20° trifft; so wird auch bei Drehung des Zerlegungsspiegels eine Aenderung in der Lichtintensität bemerklich werden, aber nicht in so bedeutendem Masse als bei 35° 25′. Man muss folglich schliessen, dass die Polarisation des unter einem anderen Winkel als 35° 25′ von dem Glase reflectirten Lichtes nicht so vollständig ist wie gerade bei diesem, und deshalb nennt man den Winkel von 35° 25′ den Polarisationswinkel des Glases. So wie mit Glas ist es nun auch mit anderen Substanzen und einer jeden kommt ein eigenthümlicher Polarisationswinkel zu. Im Jahre 1815 entdeckte Brewster das merkwürdige Gesetz, dass die Tangente des zum Einfallslothe gerechneten Polarisationswinkels dem Brechungsverhältnisse gleich ist, dass also für den Winkel der vollständigen Polarisation der reflectirte und der gebrochene Strahl auf einander senkrecht stehen. Ist p der Polarisationswinkel gegen den Spiegel und n der Brechungsexponent, so ist $tgs\,(90-p) = ctg\,p = n$; ist $90-p = e$ und der zu e gehörige Brechungswinkel $= b$, so ist $sin\ e = n\ .\ sin\ b$; da nun $tgs\ e = n$ ist, so ist auch $sin\ e = n\ .\ cos\ e$, d. h. $cos\ e = sin\ b$, d. h. $e + b = 90°$.

Für Luft ist der Polarisationswinkel zum Spiegel 45°; für Wasser 37° 15′; für Flussspath 35° 10′; für Obsidian 33° 57′; für Bergkrystall 32° 38′; für Diamant 21° 58′ etc. — Man kann also, wenn man den Polarisationswinkel kennt, den Brechungsexponenten berechnen, ebenso wie man umgekehrt aus dem Brechungsexponenten den Polarisationswinkel finden kann, und man hat also in der Polarisation sogar ein Mittel, selbst für undurchsichtige Körper den Brechungsexponenten zu bestimmen.

In Bezug auf das entgegengesetzte Polarisationsverhalten des ordinären und extraordinären Strahles beim Doppelspathe ergab sich überhaupt ein gleiches Verhalten bei doppelter Strahlenbrechung. — Spaltet man einen Turmalin parallel der Axe in Platten und legt zwei derselben auf einander, so dass die Axen parallel laufen, so lassen sie einfallendes gewöhnliches Licht so durch, als ob sie nur eine einzige Platte bildeten, zeigen sich also durchsichtig; dreht man aber eine Platte auf der anderen, so nimmt die Durchsichtigkeit immer mehr ab und es tritt völlige Undurchsichtigkeit ein, wenn die Axen sich unter rechten Winkeln kreuzen. — Ebenso wie der Turmalin wirkt der Herapathit (Jodchininsalz). — Liegen die Hauptschnitte zweier Doppelspathe parallel, so wird der ordinäre Strahl des ersten Krystalles im zweiten wieder ein ordinärer und der extraordinäre wieder ein extraordinärer, als ob beide Krystalle nur einen einzigen dickeren bildeten; stehen aber die Hauptschnitte senkrecht auf einander, so wird der ordinäre Strahl des ersten im zweiten extraordinär gebrochen und umgekehrt. — Ein durch einen Polarisationsspiegel bereits polarisirter Strahl erleidet beim Durchgange durch einen Doppelspath nur die ordinäre Brechung, wenn der Hauptschnitt des Krystalls und die Reflexionsebene des Spiegels parallel

sind, aber die extraordinäre, wenn beide Ebenen senkrecht auf einander stehen. — Lässt man durch eine Turmalinplatte gegangenes Licht auf einen Zerlegungsspiegel fallen, so muss die Reflexionsebene desselben senkrecht zur Hauptaxe des Turmalins stehen, wenn die Reflexion eintreten soll; beim Zusammenfallen beider tritt gar keine Reflexion ein. Bei zunehmender Dicke des Turmalins verschwindet das eine durch die Doppelbrechung entstandene Bild vollständig.

Um bei dem Doppelspathe nur einen der beiden Strahlen zu erhalten, hat Nicol ein besonderes Verfahren zur Ausführung gebracht und die nach ihm benannten Nicol'schen Prismen (s. d. Art) hergestellt. Es sind diese, da sie statt des Zerlegungsspiegels sowohl, wie statt des Polarisationsspiegels gebraucht werden können, bei Polarisationsversuchen besonders bequem. Noch vorzüglicher scheint das von Dove (1864) angegebene polarisirende Prisma aus Kalkspath zu sein, da es namentlich eine grössere Lichtstärke bietet. Vergl. Art. Nicol-sches Prisma.

c) Zur bequemen Darstellung der Polarisationserscheinungen hat man besondere Polarisationsapparate construirt. Sie bestehen alle aus einem Polarisator, d. h. einer Vorrichtung, welche das direct einfallende Licht polarisirt, und einem Zerleger oder Analyseur, d. h. einer Vorrichtung, durch welche eben das von dem Polarisator kommende Licht als polarisirtes nachgewiesen werden soll. Da man sowohl zum Polarisator, als zum Analyseur einen geschwärzten Spiegel, oder einen Glassatz, oder einen Turmalin, oder einen Herapathit, oder einen Nicol oder ein Dove'sches Prisma gebrauchen kann, so sind aus diesen sechs verschiedenen Vorrichtungen 21 verschiedene Combinationen, oder wenn man die vier letzten als nicht wesentlich von einander verschieden betrachtet, wenigstens deren sechs möglich. — Ein aus zwei Spiegeln bestehender Apparat ist oben unter a) in einer Zeichnung angegeben. Wollte man denselben noch vervollständigen, so müsste man namentlich noch zwischen den beiden Spiegeln *a* und *b* eine Einrichtung anbringen, um daselbst Körper aufstellen zu können, deren Verhalten man untersuchen will, wenn polarisirtes Licht durch sie hindurch geht. Von den Polarisationsapparaten sind am verbreitetsten ihrer zweckmässigen Einrichtung wegen der von Nörremberg und der von Dove und empfiehlt sich namentlich der letztere, weil man an demselben leicht alle Combinationen ausführen kann. Der erstere Apparat ist in Abbildungen vielfach verbreitet; wegen des letzteren verweisen wir auf Poggend. Annal. Bd. 25. S. 596.

d) Chromatische Polarisation. Senkrecht zur Axe geschnittene Platten doppeltbrechender Krystalle zeigen, wenn man sie zwischen den Polarisator und den Analyseur eines Polarisationsapparates bringt, prächtige Farbenerscheinungen. Man nennt diese Erscheinung die chromatische Polarisation. Bei einer Drehung des Ana-



lyseurs oder der Platte ändert sich die Intensität der Färbung oder die Färbung selbst. Auch in schnell gekühlten Gläsern, desgleichen in Gläsern, welche einer Pressung unterworfen sind, treten ähnliche Erscheinungen auf, überhaupt in allen durchsichtigen Körpern, in welchen die normale Spannung eine Abänderung erleidet, z. B. in longitudinal schwingendem Glase, wie Biot 1820 entdeckte.

Es war Arago 1811 der Erste, welcher auf die chromatische Polarisation aufmerksam wurde. Ein dünnes Glimmerblatt (s. Art. Glimmer) erscheint völlig farblos und durchscheinend, wenn man es mit blossem Auge gegen den wolkenlosen Himmel betrachtet, hingegen in seiner ganzen Ausdehnung brillant gefärbt, so wie man zwischen Auge und Glimmerblatt ein doppeltbrechendes Prisma bringt und durch dieses hindurch auf dasselbe blickt. Die Farben zeigen sich niemals, wenn man sich bei der Beobachtung gegen den mit Gewölk bedeckten Himmel wendet, und da das blaue Licht des Himmels stets mehr oder weniger polarisirt ist, so liegt es nahe, die angeführte Farbenerscheinung auf die Polarisation zu beziehen. Ausserdem bemerkt man noch, dass die Dicke des Blattes und seine Schiefe gegen das Lichtbündel, welches in das Auge gelangt, Umstände sind, welche die Nüance der Farben verändern, während die Stellung gegen den Hauptschnitt des Prisma nur auf die Intensität Einfluss hat. Hierdurch wird man an Interferenzen (s. d. Art.) erinnert. Nun gehört Glimmer zu den doppeltbrechenden Körpern (s. Art. Brechung. A. II. S. 121); folglich lag es nahe, auch andere doppeltbrechende Körper auf das Phänomen der Farben zu untersuchen. Die hierauf gerichteten Versuche haben ergeben, dass alle Krystallplatten von doppeltbrechenden Körpern, sie mögen von einem Krystalle mit einer oder von einem Krystalle mit zwei optischen Axen kommen, sie mögen ihre natürlichen Flächen behalten, oder in verschiedenen Richtungen geschnitten sein, analoge Erscheinungen darbieten; aber es giebt immer eine gewisse Dicke, über welche hinaus alle Phänomene verschwinden, und selbst unter dieser Grenze giebt es immer für jede Platte gewisse Stellungen, in denen sie aufhört gefärbt zu sein. Das Resultat ist überhaupt im Allgemeinen: Ein Bündel polarisirten weissen Lichtes, welches unter gewissen Bedingungen durch eine Platte eines doppeltbrechenden Körpers hindurchgeht, erscheint stets auf verschiedene Weise gefärbt, wenn es nachher unter dem Polarisationswinkel zurückgeworfen oder in einem doppeltbrechenden Körper gebrochen wird.

Nähere Untersuchungen haben für Krystalle mit einer Axe auf welche das Lichtbündel senkrecht gegen die Axe fällt, Folgendes ergeben. Wenn der Hauptschnitt des Plättchens mit dem Hauptschnitte des Prisma und mit der ursprünglichen Polarisationsebene zusammenfällt, giebt es nur ein Bild, welches weiss ist, und dies ist das gewöhnliche Bild. Wenn der Hauptschnitt des Plättchens senkrecht steht auf dem Hauptschnitte des Prisma und auf der ursprünglichen

Polarisationsebene, so giebt es nur ein Bild, welches weiss ist, und dies ist das ungewöhnliche Bild. In allen mittleren Stellungen giebt es zwei Bilder, welche stets mit denselben Ergänzungsfarben gefärbt sind; sie nehmen den lebhaftesten Glanz dann an, wenn der Hauptschnitt des Plättchens einen Winkel von $^1/_2$, $^3/_2$, $^5/_2$ oder $^7/_2$ Quadranten mit dem Hauptschnitte des Prisma macht. — Stellt man den Hauptschnitt des Prisma senkrecht auf die ursprüngliche Polarisationsebene, so tritt das gewöhnliche Bild an die Stelle des ungewöhnlichen und umgekehrt, die Erscheinungen sind übrigens dem vorigen Falle analog. — Steht der Hauptschnitt des Prisma weder parallel noch senkrecht gegen die ursprüngliche Polarisationsebene, so beobachtet man noch die nämlichen Erscheinungen, nämlich ein Bild gar nicht und das andere weiss, wenn die beiden Hauptschnitte des Plättchens und das Prisma parallel oder senkrecht gegen einander sind; den grössten Glanz in den Farben, wenn die Schnitte einen Winkel mit einander machen, der durch eine ungerade Anzahl Halbquadranten gemessen wird, und immer dieselben Nüancen mehr oder weniger geschwächt in allen mittleren Stellungen.

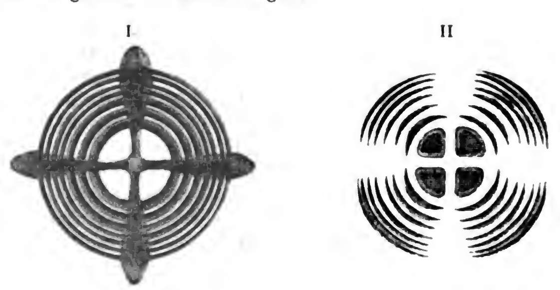
Die Farben erinnern an die Farben der Farbenringe (s. d. Art.). Man unterscheidet daher auch hier bei jeder Farbe — je nach der Ringfolge — eine erste, zweite u. s. w. Ordnung. Biot untersuchte die Farben von Krystallplättchen derselben Substanz bei verschiedener Dicke und fand, dass, wenn ein Plättchen von bestimmter Dicke z. B. das Roth erster Ordnung zeigte, ein Plättchen von doppelter Dicke das Roth der zweiten Ordnung lieferte, ebenso von dreifacher Dicke das der dritten Ordnung etc. Es verhalten sich überhaupt die Durchmesser der Ringe derselben Farbenordnung umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Dicken der Platten. Verschiedene Substanzen geben bei verschiedener Dicke dieselbe Farbennüance, z. B. ein der Axe paralleles Plättchen Bergkrystall und ein achtzehnmal dünneres von kohlensaurem Kalke. Bei gleichdicken Platten verschiedener Krystalle sind die Ringe um so näher an einander, je grösser der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Brechungsexponenten des Krystalles ist.

An Krystallen mit einer Axe, auf welche das Lichtbündel schief auffällt, hat man gefunden, dass dieselbe Wirkung eintritt, als wenn das Plättchen dicker würde, sobald das Plättchen um die Axe gedreht wird, hingegen als wenn das Plättchen dünner würde, sobald die Drehung um die auf der Axe Senkrechte erfolgt.

Man kommt leicht darauf, vielfache Variationen und vollständigere Farbenstufen dadurch herbeizuführen, dass man den polarisirten Strahl durch zwei verschiedene Plättchen in den verschiedensten Stellungen der Axen zu einander hindurchgehen lässt. Man kann dadurch Farben entwickeln, wo man bei directer Beobachtung keine entdecken kann; ferner erhält man dadurch eine einfache Methode zu sehen, ob ein gegebener Krystall positiv oder negativ ist; denn man braucht nur ein Plättchen

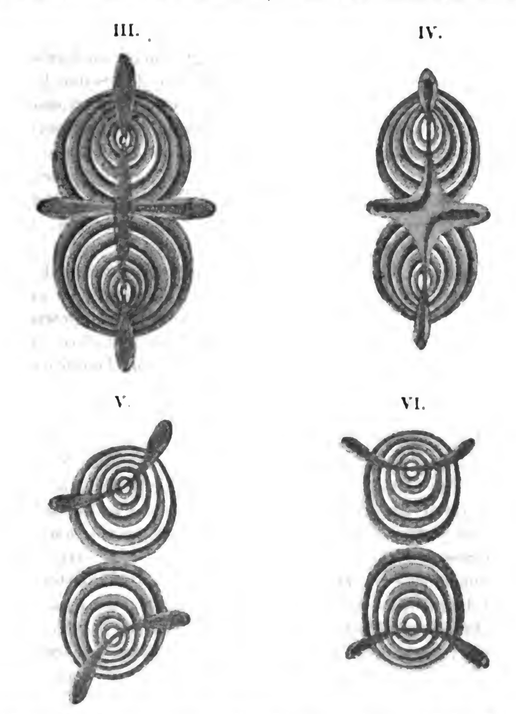
mit parallelen Flächen zu schneiden, welches dick genug ist, um keine Farben zu geben, und es nachher mit einem dicken Plättchen eines bekannten Krystalles zu verbinden. Man nennt das Verfahren die Doppelung (s. d. Art.).

Ueber Krystalle mit zwei Axen hat man namentlich mit Glimmer und blätterigem Gyps Versuche angestellt, da diese sich leicht in sehr dünne Plättchen spalten lassen. — Bei dem Gypse geben sehr dünne Plättchen Farben von lebhaftem Glanze und bei senkrechtem Einfallen des Lichtbündels gehen um die mittlere Linie im Krystalle alle Erscheinungen nach denselben Gesetzen vor sich, wie um die Axe bei den einaxigen Krystallen. Wir bemerken hierbei nur noch, dass der Gyps nach seinem natürlichen Gefüge gespaltene Parallelogramme giebt, deren Seiten sich in ihrer Grundform nach Hauy wie 13 zu 12 verhalten. Verdreifacht man die Seite 12, während man die andere lässt, so erhält man ein neues Parallelogram, dessen grosse Diagonale die Richtung der Mittellinie bezeichnet. Die symmetrisch zu beiden Seiten der Mittellinie liegenden Axen machen mit ihr einen Winkel von 30⁰. — Auch Glimmerplättchen befolgen bei senkrechtem Einfallen dieselben Gesetze wie Plättchen der einaxigen Krystalle, nur dass die Diagonale des Rhombus an die Stelle der einen Axe tritt. Die ursprüngliche Form des (sibirischen) Glimmers ist nämlich ein gerades Prisma mit rhombischer Grundfläche, senkrecht auf der Ebene der Plättchen; die mathematische Axe des Prisma ist die mittlere Linie und die optischen Axen machen mit dieser einen Winkel von 20⁰ 21′, indem ihre Ebene durch eine der Diagonalen des Rhombus geht.



Um von den farbigen Ringen eine ungefähre — nämlich farblose — Vorstellung zu geben, folgt hier in Fig. I und II als Beispiel für einaxige Krystalle das Ringsystem des Kalkspathes, wie sich dasselbe durch einen Turmalin als Analyseur darstellt. Fig. I zeigt die Ringreihe, wenn die Axe des Turmalins sich in der ursprünglichen Polarisationsebene befindet, hingegen Fig. II, wenn die Axe des Turmalins senk-

recht auf die ursprüngliche Polarisationsebene gestellt ist. Als Beispiel für **zweiaxige** Krystalle dienen die Figuren III, IV, V und VI des Salpeter (salpetersaures Kali). Es fällt hier besonders auf, dass ein doppeltes System von elliptischen oder vielmehr ovalen Ringen vorhanden ist. Dreht man das Salpeterplättchen in seiner Ebene in ungeänderter Stellung des Polarisationsapparates, so durchläuft die Figur der Reihe nach die beistehenden vier Formen, und zwar innerhalb eines jeden



Quadranten. Die Linien gleicher Farbenstufe oder **isochromatischen Linien** ergeben sich hierbei als **Lemniscaten**.

Da die Farbenphänomene durch die ungleiche Geschwindigkeit der Aetherbewegung in den verschiedenen Richtungen der nicht zum regulären Krystallisationssysteme gehörigen Krystalle bedingt sind, wie aus der Erklärung durch die Undulationshypothese hervorgeht, diese ungleiche Geschwindigkeit aber mit der Anordnung der kleinsten Theilchen

in innigem Zusammenhange steht; so liegt es nahe zu versuchen, ob nicht durch eine absichtlich herbeigeführte Veränderung in der Lage der kleinsten Theilchen eines Körpers auch solche Farbenphänomene hervorgerufen werden können. Von diesem Gedanken geleitet haben 1812 Seebeck und Brewster unabhängig von einander entdeckt, dass plötzlich abgekühltes Glas zwischen dem Polarisator und Analyseur ebenfalls Farben giebt. Ebenso zeigt Glas die Farben, wenn man es von einer der begrenzenden Flächen aus allmälig erwärmt, so lange eine ungleiche Erwärmung des Ganzen noch statt hat. Dickes Glas wirkt hierbei besser als dünnes. Brewster zeigte zuerst die Farben in einer kleinen Glasplatte, welche in einer Schraube von den Seiten her gepresst wurde. Fresnel hat durch Zusammenpressung von Prismen nachgewiesen, dass dadurch doppelte Strahlenbrechung hervorgerufen wird. Die Farbenphänomene in schnellgekühltem und gepresstem Glase hat man entoptische Figuren genannt. Faraday zeigte sogar, dass durch den galvanischen Strom eine Drehung der Polarisationsebene herbeigeführt wird und zwar in allen durchsichtigen, festen und flüssigen Körpern.

e) Um die Polarisationserscheinungen zu erklären, sahen sich die Anhänger der Emanationstheorie — wie bereits unter a) erwähnt ist — zu der Annahme genöthigt, dass die Lichtstrahlen gewissermassen kantig seien und den einander gegenüberstehenden Flächen entgegengesetzte Eigenschaften, d. h. eine Polarität, zukämen. Durch die Wirkung besonderer Kräfte sollten dann alle Theilchen eines und desselben Strahles in eine mit einander parallele Lage gebracht werden, so dass ihre homologen Flächen nach den nämlichen Seiten des Raumes hinsehen, ähnlich der Wirkung eines Magnets auf eine Reihe magnetischer Nadeln, durch welchen die Pole aller nach der nämlichen Richtung gekehrt werden. Namentlich Biot hat sich bemüht, diese Ansicht mathematisch auszubilden und zu stützen. Jetzt hat diese Erklärungsweise nur noch historisches Interesse. Nach der Undulationstheorie (s. d. Art., in welchem sich eine ausführlichere Darstellung findet) ist polarisirtes Licht als solches zu betrachten, bei welchem die Aetherschwingungen in einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung vor sich gehen, während ein natürlicher Lichtstrahl als ein solcher angesehen werden kann, bei welchem die Aetherschwingungen nicht immer in derselben Ebene bleiben, sondern in allen möglichen Neigungen gegen die Fortpflanzungsrichtung vollzogen werden, oder nach den Phänomenen der doppelten Strahlenbrechung wohl richtiger als eine Combination aus zwei aufeinander senkrecht polarisirten Strahlen, die nur fortwährend ihre Neigung zur Fortpflanzungsrichtung ändern. Bei dem Fundamentalversuche kann man sich also den Vorgang so denken, als ob der von dem ersten Spiegel reflectirte Strahl in Schwingungen ähnlich denjenigen einer Seilwelle fortginge, dass daher die Wellenbewegung nur ungehindert fortschreite,

wenn die Schwingungsebene durch die Reflexion auf dem zweiten Spiegel keine Aenderung in ihrer Lage erhalte, aber ein Fortschreiten ganz unmöglich sei, wenn die Schwingungsebene in einem rechten Winkel eine Umbiegung erfahre, während in den Zwischenlagen das Fortschreiten mehr oder weniger erschwert werde, je nachdem die Umbiegung stärker oder schwächer sei. Einen solchen in einer Ebene schwingenden Lichtstrahl nennt man einen linear polarisirten.

Die Farbenerscheinungen rühren von der Interferenz der polarisirten Strahlen her. Es treten diese Erscheinungen bei doppelt brechenden Körpern ein; wir haben es also mit zwei Strahlen zu thun und wissen, dass diese senkrecht zu einander polarisirt sind. Nehmen wir an, dass die Strahlen einfarbig sind, so verschwindet der eine Strahl, wenn der andere in derselben Schwingungsebene fortschreitet; liegt die Reflexionsebene des Analyseurs aber weder in der Schwingungsebene des einen noch des anderen Strahles, so werden beide unvollkommen, d. h. in umgebogener Schwingungsebene weiter gehen und dabei interferiren. Ist das Licht ein zusammengesetztes, so interferiren die einzelnen Farben wie bei den Farbenringen.

f) Ausser den bisher betrachteten Polarisationserscheinungen, die sich auf linear polarisirte Strahlen zurückführen lassen, hat man noch andere merkwürdige Erscheinungen wahrgenommen. Es gehört hierher die Circular- oder Kreispolarisation, deren Erklärung auf der Annahme eines Strahles beruht, bei welchem das Aethertheilchen eine rechts oder links laufende Schraubenlinie auf einem im Querschnitte kreisförmigen Cylinder beschreibt, also seine Schwingungen nicht in einer Ebene vollzieht. Wegen des Näheren vergl. Art. Circularpolarisation.

Kommen Erscheinungen vor, die auf einer Bewegung des Lichtäthers in kreisförmiger Schraubenlinie beruhen, so stellen sich auch noch andere Bewegungsarten in Aussicht. Dies ist nun wirklich der Fall. Die mathematische Behandlung der Polarisationserscheinungen hat ergeben, dass ein circularpolarisirter Strahl sich auf die Zusammensetzung zweier linearpolarisirten Strahlen zurückführen lässt, welche rechtwinklig zu einander polarisirt sind und gleiche Wellenlänge haben, von denen aber der eine dem anderen um $^1/_4$ Wellenlänge vorausgeeilt ist. So ergiebt die Rechnung ferner, dass zwei ebensolche Strahlen, wenn der eine dem anderen um weniger als $^1/_4$ Wellenlänge vorauseilt, einen elliptisch-polarisirten Strahl erzeugen, d. h. einen Strahl, bei welchem die Bewegung des Aethertheilchens in einer Schraubenlinie auf einem im Querschnitte elliptischen Cylinder vor sich geht. Bei ungleichen Wellenlängen resultiren noch andere Bewegungen, die sich nicht nur mathematisch bestimmen lassen, sondern auch im Experimente ihre Bestätigung gefunden haben. Fresnel kam durch die mathematische Behandlung auf den nach ihm benannten Rhombus (s. Art. Rhombus



Fresnel's), durch welchen er einen circularpolarisirten Lichtstrahl erzeugte. Die elliptische Polarisation erkennt man daran, dass man durch ein doppeltbrechendes Prisma oder einen Turmalin *stets* zwei an Helligkeit ungleiche Bilder erhält, dass bei einer Drehung des Prismas die Helligkeit des einen Bildes bis zu einem Maximum steigt, die des anderen bis zu einem Minimum abnimmt, ohne — wie bei dem geradlinig polarisirten Lichte — gänzlich zu verschwinden, und dass bei einer vollen Umdrehung jedes Bild zweimal im Maximum und zweimal im Minimum der Helligkeit auftritt. Am häufigsten ist die elliptische Polarisation bei der Reflexion an metallischen Flächen, und zwar wird ein Strahl am stärksten elliptisch polarisirt, wenn seine Polarisationsebene gegen die Einfallsebene unter einem Winkel von 45°, 135°, 225° oder 315° geneigt ist. Der auffallende Strahl wird hierbei durch die Reflexion in zwei auf einander senkrechte geradlinig polarisirte Strahlen zerlegt, von denen der eine seine Schwingungen in der Reflexionsebene, der andere senkrecht darauf vollzieht, denen aber ein die elliptische Polarisation bedingender Gangunterschied eingeprägt ist. Eilt hierbei der in der Einfallsebene polarisirte, mithin auf ihr senkrecht schwingende Strahl dem andern voraus, so nennt man den Gangunterschied *positiv* und Körper, bei welchen dies der Fall ist, *Körper mit positiver Reflexion*, im andern Falle bezeichnet man den Gangunterschied *negativ* und die Körper als *Körper mit negativer Reflexion*. Positive Reflexion zeigen: Turmalin, senkrecht zur Axe geschnittener Kalkspath, Topas, Quarz, Terpentinöl, absoluter Alkohol; negative: Flussspath, Hyalith, flüssiges doppelt chromsaures Kali, flüssiges Chlorzink, flüssiges gesättigtes essigsaures Bleioxyd, flüssiges schwefelsaures Natron. Von blauem Stahl zurückgeworfenes Licht giebt, wie *Brewster* zuerst 1815 beobachtete, im Doppelspathe zwei ungleichfarbige Bilder.

g) Wegen der Depolarisation s. Art. *Depolarisation*.

h) Wegen der praktischen Anwendungen der Polarisation des Lichtes verweisen wir auf Art. *Saccharometer*. — *Wheatstone* hat eine Sonnenuhr angegeben, welche sich auf die Polarisation des Lichtes gründet, s. Art. *Uhr*. A. am Ende. — Steuert ein Schiff der Sonne zu, so kann, da die Sonne blendet, die Klippe nicht wahrgenommen werden, welche dicht unter der Wasserfläche ihm Untergang droht. Blickt der wachhabende Matrose durch eine Turmalinplatte, so wird die Gefahr erkannt. — Hält man über ein Buch eine durchsichtige Tafel so, dass sie das Sonnenlicht stark reflectirt, so ist es unmöglich wegen des blendenden Lichtes, das Buch zu sehen. Durch eine Turmalinplatte betrachtet verschwindet das reflectirte Licht und man liest die Schrift in voller Deutlichkeit. — Betrachtet man ein auf einem Metallspiegel liegendes farbiges Glas mit blossem Auge, so sieht man die Farbe nicht sehr lebhaft, da das von der Vorderfläche des Glases reflectirte weisse Licht den Eindruck des farbigen von der Hinterfläche zurück-



gesendeten schwächt. Hält man aber vor das die farbige Glasplatte unter dem Polarisationswinkel betrachtende Auge ein Nicol'sches Prisma so, dass das von der Vorderfläche reflectirte Licht verschwindet, so tritt sogleich die Farbe des Glases in voller Intensität hervor. — Ebenso gehört hierher ein kleiner Apparat, mittelst dessen man in die Sonne sehen kann, ohne von dem Glanze belästigt zu werden. Dieser Apparat empfiehlt sich namentlich bei Beobachtungen von Sonnenfinsternissen. — Wegen des Stauroskops, welches dazu dient, die Lage der Hauptschnitte gegen die Flächen und Kanten natürlicher Spaltungsstücke von Krystallen zu bestimmen, vergl. Art. Stauroskop. — Auch Mikroskope hat man mit Polarisationsvorrichtungen versehen. Vergl. Art. Mikroskop am Ende. — Auch an Fernröhren kann man Gebrauch von Polarisationsvorrichtungen machen. Bringt man z. B. ein Kalkspathrhomboeder am Oculare an und legt auf die Oeffnung, welche das Gesichtsfeld abblendet, ein senkrecht gegen die Axe geschnittenes Quarzplättchen oder Gypsplättchen, welches nur die Hälfte des Gesichtsfeldes einnimmt, so hat man ein sehr empfindliches Polariskop für das Licht von himmlischen oder irdischen Gegenständen, weil man gleichzeitig die beiden Hälften des Gesichtsfeldes verschiedenartig beleuchtet sieht.

Unter b) ist angeführt, dass Licht, welches unter einem grösseren oder kleineren Winkel, als dem Polarisationswinkel reflectirt wird, nur theilweis polarisirt, also ein Gemisch aus vollständig polarisirtem und gar nicht polarisirtem Lichte ist. Da nun die Mehrzahl der Körper uns erst durch reflectirtes Licht sichtbar wird, so ist klar, dass alles Licht, welches auf diese Weise in unser Auge gelangt, mehr oder weniger polarisirt sein wird. Und so haben wir in der Polarisation ein Kennzeichen für reflectirtes Licht und einen Prüfstein, ob ein Körper selbstleuchtend oder in reflectirtem Lichte sichtbar ist. Das Licht des Kometen von 1819 enthielt nach Arago reflectirtes Licht; dasselbe fand man 1835 am Halley'schen Kometen. Ob das Licht des Nordlichtes polarisirt ist oder nicht, ist noch nicht entschieden. Das Licht des Regenbogens ist in einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisirt. Um das polarisirte Licht vom gewöhnlichen und theilweise polarisirten zu unterscheiden, hat man besondere Instrumente, sogenannte Polariskope, über welche wir auf den betreffenden Artikel verweisen.

Zum Studium der Polarisation des Lichtes ist als ein vorzügliches Hilfsmittel die Wellenmaschine von Fessel (s. Art. Wellenmaschine zu empfehlen.

B. Polarisation des Schalles. Wheatstone hat in folgender Erscheinung eine Polarisation des Schalles erkennen wollen. Wird eine Stimmgabel mit ihrem Stiele rechtwinkelig auf das Ende eines langen geraden Drahtes oder Stabes gestellt, der auf einem Resonanzboden steht, so werden die Schwingungen derselben durch den Draht

dem Boden leicht mitgetheilt, falls die Zinken der Gabel mit der Axe des Drahtes in einerlei Ebene liegen, nicht aber, wenn die Axe des Drahtes auf der Ebene der Zinken senkrecht steht. Beim allmäligen Drehen der Stimmgabel aus einer Lage in die andere nimmt der Ton während einer vollen Umdrehung zweimal ab und ebenso oft zu. Biegt man den Draht in dem Augenblicke, wo die auf demselben stehende Gabel am stärksten steht, so nimmt die Tonstärke ab, und ist am geringsten, wenn der Draht unter einem rechten Winkel gebogen ist; hierauf nimmt sie beim ferneren Biegen des Drahtes wieder zu und erreicht ihr Maximum, sobald beide Drahtstücke wieder parallel sind. Die Gebrüder Weber haben die Erscheinung als von feinen Erzitterungen der einzelnen Theile des Stieles der Stimmgabel bedingt erwiesen, die parallel zu den Schwingungen der Zinken der Stimmgabel stattfinden, nicht aber von einer Bewegung, die dem ganzen Stiele abwechselnd nach aufwärts und abwärts mitgetheilt wird. Transversale Schwingungen eines tönenden festen Körpers werden einem anderen flächenförmigen durch einen zwischen beide gebrachten Stab desto schwächer mitgetheilt, je mehr die durch den verbindenden Stab fortschreitende Schallwelle eine Bewegung der Theilchen mit sich führt, deren Richtung auf der Richtung der Welle senkrecht ist. Je öfter und bedeutender aber die Richtung, in welcher die Theilchen schwingen, wechselt, desto mehr wird die Mittheilung des Tones gehemmt.

C. Polarisation der Wärme. Die ersten Versuche, die Polarisation der Wärme nachzuweisen, stellte 1812 Bérard durch Reflexion der Wärmestrahlen von Glasspiegeln an. P. Erman bestätigte die Thatsache. Der Engländer Forbes (1834) und der Italiener Melloni führten darauf den Beweis, dass durch Brechung sowohl dunkle als leuchtende Wärme der Polarisation fähig sei. Am vollständigsten sind die Untersuchungen von Knoblauch über die Polarisation der Wärme durch Reflexion, durch einfache Brechung und durch Doppelbrechung. Die circulare Polarisation der Wärme bestätigten Melloni und Biot; eine Drehung der Polarisationsebene der strahlenden Wärme durch Magnetismus, desgleichen durch Terpentinöl und Zuckerlösung erwiesen de la Provostaye und Desains. Endlich hat Wartmann auch die Polarisation der atmosphärischen Wärme nachzuweisen gesucht. Diese Resultate waren zu erwarten, da die Wärmestrahlen sich wie das Licht fortpflanzen, nach denselben Gesetzen reflectirt und gebrochen werden, auch ebenso interferiren und eine Beugung zeigen.

Knoblauch fand durch Reflexion der Wärme von einem in der Masse schwarzen Glasspiegel, dass die Polarisationsebene der reflectirten Wärmestrahlen auf der Reflexionsebene senkrecht steht. Als Winkel der stärksten Polarisation ergaben sich ungefähr 35° Neigung zum Spiegel. Bei einem Stahlspiegel ergab sich ein Winkel von unge-

fähr 15 Graden. Unter sich parallele Wärmestrahlen, gewissermassen einen Cylinder verdichteter Wärme, verschafft man sich mit Hilfe von Linsen aus Steinsalz. Melloni leitete bei seinen Untersuchungen über die Polarisation durch einfache Brechung den Wärmecylinder auf einen Polarisationsapparat, welcher aus zwei Schichten sehr dünner Glimmerplättchen als Polarisator und Analyseur bestand; Knoblauch bediente sich zweier Glassätze, oder als Analyseur eines Nicol. Beide fanden, dass man sich die Polarisationsebene der gebrochenen Wärme auf der Reflexionsebene senkrecht zu denken hat, dass die Polarisation zunimmt, je kleiner der Winkel wird, unter welchem die Strahlen die Glimmerplättchen oder die Glasplatten treffen, und ebenso zunimmt, je grösser bei constantem Einfallswinkel der Wärmestrahlen die Anzahl der Glimmerplättchen oder der Glasplatten wird. — Die Polarisation durch Doppelbrechung hat Forbes und ebenso Melloni mittelst Turmalinplatten nachgewiesen. Knoblauch fand auch das Nicol-sche Prisma bei Versuchen mit Sonnenwärme brauchbar. Letzterer untersuchte auch die durch einen natürlichen Kalkspath hervorgebrachten Wärmebilder in Bezug auf ihre Polarisationsverhältnisse und erwies, dass die beiden durch Doppelbrechung hierbei auftretenden Gruppen von Wärmestrahlen in zwei auf einander senkrechten Ebenen polarisirt sind. Für eine ganze Umdrehung bei einem zwischen zwei Nicols gestellten Kalkspathe ergaben sich vier Maxima und vier Minima der thermischen Wirkung und zwar fand sich 1) dass die Maxima, sobald die beiden Nicols mit gekreuzten Hauptschnitten stehen, den Minimis gleich sind, die sich ergeben, wenn die Hauptschnitte der Nicols parallel sind; 2) dass die Maxima bei parallelen Hauptschnitten doppelt so gross sind, als die dann eintretenden Minima. Bei einem senkrecht gegen die krystallographische Axe geschnittenen Kalkspathe traten, wie zu erwarten war, die Erscheinungen nicht ein.

Dass die von einer Fläche in schiefer Richtung ausgestrahlte Wärme polarisirt ist, haben de la Provostaye und Desains mittelst einer glühenden Platinplatte festgestellt, später auch Angström mittelst eines erhitzten Messingblechs. — In Betreff der atmosphärischen Wärme fand Wartmann, dass die Polarisationsebene derselben mit der des atmosphärischen Lichtes zusammenfällt.

Forbes hat mittelst eines aus Steinsalz verfertigten Rhomboeders, dessen spitze Winkel 54° und stumpfe Winkel 126° betrugen, die circulare Polarisation der Wärme nachgewiesen (vergl. Art. Rhombus Fresnels und A. f.). Es ist dies ein Beleg für die auch bei Wärmestrahlen eintretende totale Reflexion (s. Art. Brechung. S. 117). — Von der Drehung der Polarisationsebene der Wärmestrahlen überzeugte sich Melloni mit Hilfe von senkrecht auf die Axe geschnittenen Quarzplatten und de la Provostaye und Desains haben dasselbe durch drehende Flüssigkeiten, wie Terpentinöl und Zuckerlösung, er-

reicht. — Anzeigen von elliptischer Polarisation hat Knoblauch darin gefunden, dass das Maximum der Polarisation der Wärmestrahlen bei der Reflexion von Stahlspiegeln nicht allein bei einem anderen Winkel als bei der Reflexion vom Glase eintritt, sondern dass auch dies Maximum selbst, dem sich die Werthe der Polarisation nur sehr allmälig nähern, bedeutend niedriger als das dem Glasspiegel angehörige ist.

Die Wärmestrahlen zeigen also unter denselben Verhältnissen dieselben Polarisationszustände, wie das Licht.

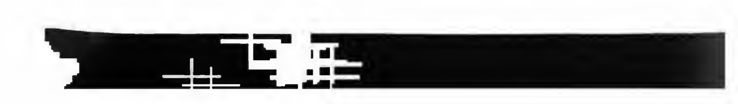
Polarisation, bewegliche, ist eine nicht mehr gebräuchliche Bezeichnung. Biot suchte die Polarisationserscheinungen aus der Emanationstheorie (s. d. Art.) zu erklären und diese Theorie hiess die Theorie der beweglichen Polarisation.

Polarisation, chromatische, s. Art. Polarisation. A. d.

Polarisation, electrische oder electrochemische oder galvanische ist eine Erscheinung, welche durch die chemische Thätigkeit des electrischen Stromes erzeugt wird. Hebt man bei einem Voltameter (s. d. Art.), welches einige Zeit in dem galvanischen Schliessungsbogen gewesen ist, die Verbindung auf und verbindet die Platinplatten des Voltameters leitend mit einander, so zeigt sich wieder ein galvanischer Strom, welcher aber dem vorigen entgegengesetzt ist. Dieser secundäre Strom verschwindet zwar bald, tritt aber wieder auf, sowie der primäre Strom nur einige Zeit wieder gewirkt hat. Zu dieser Operation empfiehlt sich besonders die Wippe von Poggendorff (s. Art. Gyrotrop). Eine ebenfalls hierher gehörige Erscheinung bietet die Ladungssäule (s. d. Art.). Die an dem Voltameter auftretende Erscheinung hat ihren Grund darin, dass die durch die Electrolyse ausgeschiedenen Gase sich an den Voltameterplatten verdichten, so dass man nicht mehr zwei Platinplatten, sondern gleichsam eine Sauerstoffplatte und Wasserstoffplatte hat, die nun wie Electromotoren wirken. Da der electronegative Sauerstoff an dem positiven und der electropositive Wasserstoff an dem negativen Pole ausgeschieden wird, so muss der durch die Glasplatten erregte Strom dem primären entgegengesetzt gerichtet sein. Das baldige Aufhören des secundären Stromes erklärt sich dadurch, dass die Gascondensation von keinem Bestande ist. — Die Erkenntniss der galvanischen Polarisation ist für die Construction der constanten Ketten von Bedeutung geworden, indem man sah, dass die Bildung der Wasserstoffschicht an der Kupferplatte eines Zink-Kupferelementes verhindert werden müsse, wenn man einen anhaltenden kräftigen Strom erhalten wollte.

Polarisationsapparat, s. Art. Polarisation. A. c.

Polarisationsastrometer von Zöllner ist ein Astrophotometer, also ein Instrument zur Helligkeitsmessung der Gestirne. Eine constante Lichtquelle bietet gewissermassen einen künstlichen Stern und durch eine Polarisationsvorrichtung wird die Helligkeit derselben sowei



abgeschwächt, bis dieselbe der Helligkeit des zu beobachtenden Sternes am Himmel gleichkommt.

Polarisationsbüschel, Haidinger'sche. Lässt man das von einer weissen, mässig erleuchteten Wolke reflectirte, nicht polarisirte Licht in das Auge fallen und bringt dann schnell vor dasselbe einen Nicol, so erscheinen, sobald man diesen dreht, mit dem polarisirten Lichte zwei blassgelbe Büschel, deren Verbindungslinie zur Richtung der Schwingungen senkrecht ist. Diese Büschel behaupten zwar immer dieselbe Gestalt, aber sie verändern ihre Lage mit der Lage der Polarisationsebene. Bei schärferer Beobachtung kann man in der Polarisationsebene, also senkrecht zu jenen Büscheln, noch zwei andere in blauvioletter, also complementärer Farbe wahrnehmen. Dasselbe Phänomen tritt ein, wenn man unter einem gewissen Winkel auf einen Glasspiegel sieht, in welchem sich der helle Himmel spiegelt, desgleichen wenn man mit freiem Auge den blauen Himmel an bestimmten Stellen betrachtet. Haidinger, welcher dies Phänomen entdeckt hat, schlägt das Auge gewissermassen als Polariskop vor; indessen ist ein Nicol doch vorzuziehen. Die bis jetzt aufgestellten Erklärungsversuche haben noch nicht befriedigt. Man hat an den schichtenförmigen Bau der Krystalllinse gedacht und gemeint, sie könne wie ein Analyseur wirken; auch hat man an das Princip der farbigen Dispersion, veranlasst durch die unvollkommene Achromasie des Auges, gedacht. Vergl. Poggend. Annal. Bd. 93. S. 318 und Bd. 96. S. 314.

Polarisationsebene heisst die Ebene, in welcher die Reflexion eines polarisirten Strahles am vollständigsten ist. S. Art. Polarisation. A. a.

Polarisationsfarben, s. Art. Polarisation. A. d.

Polarisationsmaschine, s. Art. Polarisation. A. c. und Polariskop.

Polarisationsmikroskop, s. Art. Mikroskop. S. 129.

Polarisationswinkel heisst der Winkel, welchen der Lichtstrahl mit dem Spiegel bilden muss, wenn die Polarisation am stärksten sein soll. S. Art. Polarisation. A. a. und b.

Polarisator heisst die Vorrichtung an einem Polarisationsapparate, welche das direct einfallende Licht polarisirt. S. Art. Polarisation. A. c.

Polarisirung bedeutet dasselbe wie Polarisation (s. d. Art.).

Polariskop nennt man ein Instrument zur Unterscheidung des polarisirten Lichtes von gewöhnlichem und theilweise polarisirtem (s. Art. Polarisation. A.). — Ein Turmalinplättchen, welches parallel zu seiner optischen Axe geschliffen und vor einem senkrecht zur Axe geschnittenen Kalkspathplättchen befestigt ist, kann als Polariskop dienen. Sieht man durch das Turmalinplättchen nach einem Gegenstande hin, so sind die von demselben ausgehenden Lichtstrahlen polarisirt, wenn man Farbenringe wahrnimmt. — Arago's Polariskop besteht aus

einem achromatischen Kalkspathprisma, vor welchem an der dem Auge abgewandten Seite ein dünnes Gypsblättchen angebracht ist, so dass die Schwingungsebenen desselben mit denjenigen des Prismas einen Winkel von 45° machen. Bei polarisirtem Lichte erhält man zwei complementärgefärbte Bilder. — Savart's Polariskop besteht aus zwei Bergkrystallplatten von $^1/_2$ bis 1 Linie Dicke, die einer der Flächen der natürlichen Pyramiden des Krystalls parallel geschnitten und so auf einander gelegt sind, dass ihre Hauptschnitte sich rechtwinkelig kreuzen. Vor ihnen ist eine Turmalinplatte so angebracht, dass ihre Axe diesen rechten Winkel halbirt. Die drei in einem kurzen Cylinder gefassten Platten bilden ein System von 3 bis 5 Linien Dicke. Polarisirtes Licht zeigt in diesem Polariskope gerade farbige, in der Mitte durch einen schwarzen Strich getrennte Streifen, die in der Richtung der Polarisationsebene dieses Lichtes liegen. Nimmt man Doppelspathplatten, so müssen diese den natürlichen Rhomboederflächen parallel geschnitten sein. — Auch die Haidinger'sche oder Dichroskopische Loupe (s. d. Art.) ist sehr zweckmässig. Von den Doppelbildern, welche man durch diese Loupe erhält, verschwindet beim Auffallen von polarisirtem Lichte das eine bei einer gewissen Drehung des Kalkspathes ganz, während das andere seine grösste Helligkeit zeigt. Ist das auffallende Licht natürliches, so sind beide Bilder bei jeder Drehung gleich hell; ist das Licht theilweise polarisirt, so erblickt man bei jeder Drehung zwei Bilder, die aber von wechselnder Intensität sind. — Das Polariskop von Senarmont besteht aus vier gleichen Quarzprismen, die ein rechtwinkeliges Dreieck zur Endfläche haben: zwei und zwei sind mit den Hypotenusen auf einander und beide Paare so aneinander gelegt, dass eine parallelflächige Platte entsteht, bei welcher die Ein- und Austrittsflächen lothrecht auf der optischen Axe sind. Die beiden Prismen der unteren Hälfte der Platte haben ihre brechende Kante auf einer und derselben Seite, aber das vordere Prisma ist linksdrehend und das hintere rechtsdrehend; bei den beiden Prismen der oberen Hälfte ist hingegen das vordere rechtsdrehend und das hintere linksdrehend. Fällt ein polarisirtes Lichtbündel senkrecht auf, so erscheint die Platte bedeckt mit geradlinigen Fransen, die den brechenden Kanten der Prismen parallel laufen. Fällt der Hauptschnitt des Zerlegers mit der Ebene der ursprünglichen Polarisation zusammen, so sind die Fransen der ganzen Länge nach geradlinig; dreht man aber den Zerleger, so erscheinen sie in der Mitte gebrochen.

Polarität bezeichnet überhaupt ein entgegengesetztes Verhalten und ist daher immer relativ. So zeigt sich z. B. Polarität bei dem Magnetismus (s. d. Art. I. a und c), bei dem Lichte und der Wärme (s. Art. Polarisation), bei dem Galvanismus (s. d. Art.). Pole nennt man Stellen, welche in räumlicher Beziehung (z. B. die Erdpole) oder in einer anderen Beziehung (z. B. Magnetpole) relativ polarisch sich verhalten.

Polarkreise der Erde sind die beiden Parallelkreise, welche von den Polen so weit entfernt sind, wie die Wendekreise von dem Aequator, also ungefähr $23^1/_2$ Grad. In den Ebenen der Polarkreise der Erde liegen auch die des Himmelsgewölbes.

Polarlicht, das, ist eine eigenthümliche in den Gegenden um die Pole in der Atmosphäre sich zeigende Lichterscheinung und wird Nordlicht, Nordschein genannt, wenn dasselbe in den nördlichen Regionen der Erde erscheint, hingegen Südlicht, Australschein, wenn es in den südlichen seine Stellung einnimmt.

Schilderungen des Nordlichts giebt es sehr viele, namentlich sind die Beobachtungen in neuerer Zeit durch die Bemühungen, eine nordwestliche Durchfahrt aus dem atlantischen Oceane in das stille Meer zu finden, sehr vermehrt worden. Eine genaue ältere Beschreibung ist von Maupertuis, der sich 1736 zu Torneå aufhielt. Parry überwinterte auf seiner zweiten Entdeckungsreise auf der Insel Melville und hat daselbst viele Nordlichter, die meistens in süd-südwestlicher Richtung standen, beobachtet, und Sabine, der zu Parry's Begleitern gehörte, giebt davon genaue Schilderungen. Bemerkenswerth sind ferner die Beobachtungen, welche der russische Capitain-Lieutenant, spätere Admiral, Baron v. Wrangel während seiner Reise auf dem Eismeere in den Jahren 1821, 22 und 23 unter 69° bis 72° n. Br. an den Küsten des sibirischen Eismeeres gemacht und beschrieben hat. Im Winter 1838 und 1839 verweilte eine nach dem Norden ausgesandte wissenschaftliche Expedition, zu welcher Lottin, Bravais und Siljerström gehörten, zu Bossekop im norwegischen Amte Finmarken unter 70° n. Br. und zählte vom 7. September 1838 bis Mitte April 1839 in Zeit von 209 Tagen 143 Nordlichter und zwar waren dieselben zwischen dem 17. November und 25. Januar — zur Zeit der Abwesenheit der Sonne — besonders häufig, indem auf diese Nacht von 70mal 24 Stunden 64 Nordlichter kamen, ungerechnet diejenigen, welche wegen des bedeckten Himmels nicht sichtbar waren, deren Dasein aber die Magnetnadel anzeigte.

Ich habe von den eben angeführten Beobachtungen in dem von mir bearbeiteten Artikel: Nordlicht des physikalischen Lexikon von Marbach, 2. Aufl. von Cornelius ausführlichere Mittheilung gemacht, und beschränke mich hier auf die treffliche Schilderung, welche A. v. Humboldt in seinem Kosmos I. S. 199 von dem Nordlichte giebt.

„Tief am Horizonte, ungefähr in der Gegend, wo dieser vom magnetischen Meridiane durchschnitten wird, schwärzt sich der vorher heitere Himmel. Es bildet sich eine dicke Nebelwand, die allmälig aufsteigt und eine Höhe von 8 bis 10 Graden erreicht. Die Farbe des dunklen Segments geht ins Braune oder Violette über. Sterne sind sichtbar in dieser, wie durch einen dichten Rauch verfinsterten Himmelsgegend. Ein breiter, aber helllenchtender Lichtbogen, erst weiss, dann

gelb, begrenzt das dunkle Segment, der aber später entsteht, als das rauchgraue Segment. Der Lichtbogen, dessen höchster Punkt ungefähr in der Richtung des magnetischen Meridians liegt, in stetem Aufwallen und formveränderndem Schwanken, bleibt bisweilen Stunden lang stehen, ehe Strahlen und Strahlenbündel aus demselben hervorschiessen und bis zum Zenith hinaufsteigen. Je intensiver die Entladungen des Nordlichtes sind, desto lebhafter spielen die Farben vom Violetten und bläulich Weissen durch alle Abstufungen bis in das Grüne und Purpurrothe. Die Feuersäulen steigen bald aus dem Lichtbogen allein hervor, selbst mit schwarzen, einem dicken Rauche ähnlichen Strahlen gemengt: bald erheben sie sich gleichzeitig an vielen entgegengesetzten Punkten des Horizontes und vereinigen sich in ein zuckendes Flammenmeer, dessen Pracht keine Schilderung erreichen kann, da es in jedem Augenblicke seinen leuchtenden Wellen andere und andere Gestaltungen giebt. Die Bewegung vermehrt die Sichtbarkeit der Erscheinung. Um den Punkt des Himmelsgewölbes, welcher der Richtung der Neigungsnadel entspricht, schaaren sich endlich Strahlen zusammen und bilden die sogenannte Krone des Nordlichts (*corona borealis*). Sie umgiebt diesen Punkt wie den Gipfel eines Himmelszeltes mit einem milderen Glanze und ohne Wallung in ausströmendem Lichte. Nur in seltenen Fällen gelangt die Erscheinung bis zur vollständigen Bildung der Krone; mit derselben hat sie aber stets ihr Ende erreicht. Die Strahlungen werden nun seltener, kürzer und farbloser. Die Krone und alle Lichtbögen brechen auf. Bald sieht man am ganzen Himmelsgewölbe unregelmässig zerstreut nur breite, blasse, fast aschgrau leuchtende, unbewegliche Flecke; auch sie verschwinden früher als die Spur des dunklen rauchartigen Segments, das noch tief am Horizonte steht. Es bleibt oft zuletzt von dem ganzen Schauspiele nur ein weisses, zartes Gewölk übrig, an den Rändern gefiedert oder in kleine rundliche Häufchen mit gleichen Abständen getheilt."

Dieselbe Erscheinung zeigt sich am Südpole; nur ist sie nicht so häufig beobachtet worden. Von den Südlichtern haben wir zuerst ausführlicher Kunde erhalten durch Cook's Reisen. Nach Georg Forster unterschieden sich die Lichtsäulen der Südlichter von denen der Nordlichter dadurch, dass sie fast stets weiss gefärbt waren; doch fehlt es auch nicht an Beobachtungen gefärbter Lichtsäulen. James Ross stimmt Forster bei.

Der höchste Punkt des Lichtbogens ist, wo er gemessen worden ist, gewöhnlich nicht ganz im magnetischen Meridiane, sondern 5 bis 18° abweichend nach der Seite hin, nach welcher die magnetische Declination des Ortes liegt.

Die Höhe des Nordlichts hat man aus der Parallaxe verschiedener Bogenstücke, oder der Krone, oder besonders hervorstechender Punkte zu bestimmen gesucht. Die Resultate sind äusserst schwankend. Da

das Nordlicht entschieden an der täglichen Umdrehung der Erde Antheil nimmt, so bildet es sich auch zuverlässig in unserer Atmosphäre, die bekanntlich nicht unter 6 Meilen hoch ist, jedenfalls 27 Meilen nicht überschreitet (s. Art. Atmosphäre. S. 47.). Aus parallaktischen Messungen (s. Art. Parallaxe) kann man wohl um so weniger zum Ziele gelangen, da wahrscheinlich jeder Beobachter sein eigenes Nordlicht sieht, wie seinen eigenen Regenbogen, oder wenigstens jeder Beobachter eine eigene Projection erblickt. Bei demselben Nordlichte hat man Resultate gefunden, die um 1 bis 26 geographische Meilen verschieden sind. Das Wahrscheinlichste ist, dass die Nordlichter wie die Wolken eine sehr verschiedene Höhe haben, aber 20 Meilen schwerlich erreichen; Muncke ist sogar der Ansicht, dass die höchste Höhe nur etwa 4 geogr. Meilen betragen dürfte, wofür auch die einzelnen Angaben über die Helligkeit weit verbreiteter Nordlichter sprechen, indem sich da nicht die Lichtintensitätsverhältnisse, nicht die Lichtabnahme nach dem wachsenden Quadrate der Entfernungen, ergeben, welche sonst gefunden werden müssten.

Vielfach ist von einem Geräusche gesprochen worden, welches die Nordlichter begleite und in dem Strahlenschiessen begründet sein sollte. Von Einigen wird dies Geräusch mit demjenigen verglichen, welches entsteht, wenn ein Stück Seidenzeug über einander gerollt wird, von Anderen mit dem Knistern electrischer Funken, von noch Anderen mit dem Geräusche der stark vom Winde getriebenen Flamme einer Feuersbrunst. Wo vorurtheilsfreie Beobachter Gelegenheit gehabt haben, Nordlichter zu beobachten — und das ist, wie im Eingange dieses Artikels hervorgehoben ist, häufig genug unter den günstigsten Verhältnissen geschehen —, da hat man nie ein Geräusch wahrgenommen. Nur v. Wrangel sagt: „Wenn das Nordlicht eine grosse Intensität hatte, wenn die Strahlen sich oft nach einander bildeten, däuchte es uns, als höre man wie ein schwaches Blasen des Windes in die Flamme.“ Am wahrscheinlichsten ist es also, dass man das Rauschen des Windes, welches zufällig eintrat, mit dem Nordlichte in causalen Zusammenhang brachte, oder dass das Geräusch von dem Bersten des Eises und der Schneekruste in Folge des Zusammenziehens durch die Kälte der hellen Nordlichtnächte herrührte.

Sehr allgemein ist die Annahme, dass das Nordlicht mit der allgemeinen Witterung im Zusammenhange stehe. Nordlichter vor dem Eintritte des Winters sollen Kälte bedeuten; im Frühlinge einen trocknen Sommer; niedrige heiteres Wetter; hohe, bewegte, strahlende und flackernde hingegen Stürme etc. Wie könnte wohl ein Phänomen in einer einzigen Gegend des Nordens auf die Witterungsverhältnisse eines grossen Theiles der Erde Einfluss haben? Jedenfalls hält es bis jetzt noch sehr schwer ein bestimmtes Resultat über den Zusammenhang des Nordlichts mit der Witterung aufzustellen; wahrscheinlich ist es indessen.

dass ein solcher wie bei den electrischen Entladungen in den Gewittern nur ein localer ist, wie ja vielleicht das ganze Phänomen nur als ein locales anzusehen sein dürfte.

Bemerkenswerth ist eine — allerdings noch nicht anderweitig bestätigte — Beobachtung v. Wrangel's über das Verhalten der Sternschnuppen (s. Art. Feuerkugel) zu dem Nordlichte. Er sagt: „Wenn Sternschnuppen im Bereiche der Nordlichter erscheinen, so entzünden sich an der Stelle, wo dieselben durchgingen, sogleich Feuersäulen, die sich dann von ihrem Entstehungsorte seitwärts (mit dem Winde) bewegen, und es entstehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Dass demnach Sternschnuppen am Entzünden der Säulen im Nordlichte Antheil nehmen, ist von mir oft beobachtet worden.“ Liegt hier keine Täuschung vor, so ist diese Beobachtung ein Beweis dafür, dass die Nordlichter innerhalb der Erdatmosphäre entstehende Phänomene sind.

Das Nordlicht ist zwar im Allgemeinen eine der Nacht angehörige Erscheinung: indessen fehlt es nicht an Thatsachen, die dafür sprechen, dass das Phänomen selbst bei Tage im Gange war. Abgesehen von etwa bemerkbaren Schwingungen am Himmel können die Störungen der Magnetnadel das Nordlicht erkennen lassen. Dass man das Phänomen aber am Tage nicht so leicht wahrnimmt, liegt an der geringen Intensität des Lichtes, in welchem das Nordlicht strahlt. Es kommt dieselbe im höchsten Grade der Ausbildung der des Vollmondes nicht gleich. Nach Brewster ist sie im Allgemeinen der des Mondes im ersten Viertel gleich, wenn die Sonne einige Grade unter dem Horizonte ist: nach Parry höchstens der des Mondes in der ersten Quadratur. Man sieht durch die Nordlichtstrahlen hindurch nicht nur Sterne erster und zweiter Grösse, sondern noch kleinere, so dass das Licht nur wie ein dünner Schleier wirkt. Bei nebeligem Wetter sollen die Nordlichter zuweilen irisirend sein. Dies könnte nur von der Brechung des Lichtes im Nebel herrühren (s. Art. Hof). Ob das Licht des Nordlichts polarisirt ist oder nicht, ist noch nicht völlig entschieden; es ist also auch noch fraglich, ob dasselbe reflectirt ist oder nicht (s. Art. Polarisation. A. h.).

In den Polargegenden sind die Nordlichter so häufig, dass Nächte ohne dieselben zu den Ausnahmen gehören. In mittleren Breiten sind sie seltener und zeigen sich nur, wenn sie in den Polargegenden eine gewisse Ausdehnung erreicht haben. Bisweilen ist diese Erstreckung sehr beträchtlich und selbst in Mexico und Peru soll nach A. v. Humboldt das Phänomen nicht unbekannt sein. Auf die Häufigkeit scheinen örtliche Einflüsse sich geltend zu machen, so dass man vielleicht besondere Nordlichtstriche zu unterscheiden haben dürfte. Manche Jahre sind reich, andere wieder arm an Nordlichtern, aber ohne dass man darin bis jetzt eine Periode gefunden hätte. Im Mittel zeigen sich im mittleren

Europa jährlich 10 Nordlichter (vergl. Poggend. Annal. Bd. 22. S. 436.).

Bravais unterscheidet in dem Phänomen selbst 4 Epochen: 1) Das erste Auftreten des Bogens im Mittel um 7 Uhr 52 Min. abends; 2) das Auftreten der Strahlen um etwa 8^h 26′; 3) die Färbung der Strahlen um etwa 11^h 18′ und 4) das Matterwerden des Lichtes im Mittel um 3^h 32′ morgens.

Einer der wichtigsten bei dem Nordlichte zu beachtenden Umstände ist die Beziehung, welche zwischen demselben und der Magnetnadel statt findet. Halley sprach um 1702 es zuerst aus, dass das Nordlicht ein magnetisches Phänomen sei. Dafür spricht, dass der Nordlichtbogen mit seiner höchsten Stelle immer nach der Seite hin liegt, wohin die Declination des Ortes zeigt; dass die Nordlichtskrone ungefähr in die Gegend fällt, nach welcher das obere Ende der freien Inclinationsnadel gerichtet ist (vergl. Art. Magnetismus der Erde). Hierzu kommt aber noch, dass, wie Celsius und Hiorter 1740 zuerst bemerkten, die Abweichung der Declinationsnadel sich während der Dauer dieses Meteors merklich ändert, namentlich ein Schwanken derselben eintritt. Seitdem hat man gefunden, dass die Störungen der Magnetnadel in Betreff der Declination, Inclination und Intensität gleichzeitig auf der ganzen Erde schon an dem Tage vor dem Auftreten eines Polarlichtes sich durch eine grosse Unruhe der Nadel bemerkbar machen. Arago sagt mit Bezug hierauf, man könne durch die blose Besichtigung einer Magnetnadel zu Paris wissen, was unter den Polen vorgehe. Die Declination ändert sich hierbei in wenigen Minuten bis auf 5 Grad, die Intensität steigert sich bis zum Ausbrechen des Polarlichtes und nimmt dann wieder ab, je lebhafter dieses selbst wird.

Hansteen ist zu folgenden allgemeinen Schlüssen gelangt:

1) Wiewohl die kurzen Tage in den Monaten November bis Februar die Beobachtungen des Nordlichts begünstigen, sieht man es doch häufiger in den Zeiten der Tag- und Nachtgleiche oder bald nach derselben, als in anderen Zeiten des Jahres. Die zu dieser Zeit anfangende Erwärmung oder Abkühlung der Polargegenden muss wohl die Ursache davon sein.

2) Bei den um und nach der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche auftretenden Nordlichtern scheint die Bewegung der Magnetnadel fast ausschliesslich östlich gerichtet zu sein; bei denjenigen hingegen nach der Herbst-Tag- und Nachtgleiche eine westliche vorzuherrschen. Vielleicht macht sich hierin der Gegensatz geltend, dass in der Herbst-Tag- und Nachtgleiche der Nordpol abgekühlt, in der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche hingegen erwärmt wird.

3) Es scheint Nordlichtperioden zu geben, d. h. Zeiten, zu welchen die Nordlichter häufiger sind und auf welche dann Pausen folgen, in denen nur im hohen Norden das Phänomen und noch dazu mit geringer Intensität eintritt. Hansteen glaubt seit dem Jahre 502 v. Chr. bis

Ende des 18. Jahrhunderts 24 solche Perioden nachweisen zu können, von welchen besonders die 9te von 541—603, die 12te von 823—887, die 22te von 1517—1538 und die 24te von 1707—1788 sich durch ungewöhnlich starke und häufige Nordlichter auszeichneten.

Das häufigere Auftreten der Nordlichter um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen wird auch anderweitig bestätigt und somit scheint eine jährliche Periode nicht zu bezweifeln zu sein; für die säculare Periode fehlen hingegen noch die nöthigen Angaben, da man früher das Erscheinen der Nordlichter nicht so genau registrirte, als es jetzt geschieht.

Die Erklärung des Phänomens ist noch nicht zu einer völligen Entscheidung gediehen. Musschenbroek u. A. hielten die Nordlichter für verbrennende Dünste; Halley meinte, die magnetische Materie ströme aus jedem Pole leuchtend nach dem entgegengesetzten, und that damit einen glücklichen Griff, wie sich erst 1831 durch Faraday's Entdeckung, dass man mittelst eines Magnets electrische Funken hervorlocken könne, herausstellte (s. Art. Induction). Cartesius u. A. waren der Ansicht, das Sonnenlicht werde von flachen Eistheilchen, welche in den Polargegenden bis zu bedeutender Höhe über der Erde schweben sollten, zurückgeworfen (vergl. in ähnlicher Beziehung Art. Hof). Nach Mairan sind die Nordlichter Ausströmungen der Sonnenatmosphäre (vergl. Art. Zodiakallicht). Euler dachte an einen Stoss der Sonnenstrahlen gegen die Atmosphäre und hielt die Erscheinung für gleichartig mit dem Kometenschweife (s. Art. Kometen). Hamilton, Canton, Benj. Franklin u. A. hielten die Nordlichter für Erscheinungen electrischen Lichtes, seitdem Letzterer das matte Licht der Electricität im luftverdünnten Raume kennen gelernt hatte. Nach Thienemann besteht das Phänomen in electrischen Entladungen zwischen den feinen Federwolken an derjenigen Grenze des Nordens, wo die Gewitter aufhören. Die electrische Natur des Nordlichts scheint jetzt nicht mehr zweifelhaft zu sein. Wenn die Störung des Gleichgewichts in der Vertheilung des Erdmagnetismus (s. Art. Magnetismus der Erde) eine grosse Stärke erreicht, so wird dasselbe durch eine von Lichtentwickelung begleitete Entladung wieder hergestellt (s. Art. Induction). Das Nordlicht ist nicht als eine äussere Ursache der Störung anzusehen, sondern vielmehr als eine bis zum leuchtenden Phänomen gesteigerte tellurische Thätigkeit, deren eine Seite jenes Leuchten, die andere die Schwingungen der Nadel sind. Die Declinationsnadel verhält sich ungefähr wie ein atmosphärisches Electrometer. Das farbige Nordlicht ist also der Act der Entladung, das Ende eines magnetischen Ungewitters, wie in dem electrischen Ungewitter ebenfalls eine Lichtentwickelung, der Blitz, die Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichts in der Vertheilung der Electricität bezeichnet. Das electrische Ungewitter ist nur gewöhnlich auf einen kleinen Raum

eingeschränkt, das magnetische hingegen offenbart seine Wirkung auf den Gang der Nadel über grosse Theile der Continente.

Nur historisch verdient die Ansicht von Placidus Heinrich Erwähnung, dass das Licht der Nordlichter phosphorisch sei und von den durch Insolation (s. Art. Phosphorescenz) leuchtend gewordenen Eismassen herrühre. Kirwan und Parrot behaupten, dass die flackernden Lichtsäulen des Nordlichtes von brennendem Kohlenwasserstoffgase (vergl. Art. Irrlicht) erzeugt würden. Nach James Ross soll das Nordlicht durch die Wirkung der unter dem Pole stehenden Sonne auf die Schneemassen hervorgebracht werden, indem diese von Strahlen gefärbt würden, die von den Wolken unterhalb des Poles reflectirt wären.

Polarnacht nennt man in den kalten Zonen die Zeit, in welcher die Sonne länger als 24 Stunden gänzlich verschwindet und nicht über den Horizont steigt. Während dieser Nacht fällt das Maximum der Temperatur ganz abweichend von der sonstigen täglichen Periode; in Lappland liegt es z. B. frühmorgens; auf der Melville-Insel und in Port Bowen, wo die Sonne 84 Tage lang unsichtbar bleibt, hat man das Maximum 9 Uhr Vormittags, das Minimum 7 Uhr Nachmittags beobachtet.

Polarnebel, s. Art. Nordpolarnebel.

Polaroskop, s. Art. Polariskop.

Polarsommer heisst die Jahreszeit in den kalten Zonen, während welcher die Sonne länger als 24 Stunden nicht unter den Horizont herabsinkt. Obgleich die Polarnacht von dem Polartage durch eine Zeit getrennt ist, in welcher die Sonne auf- und untergeht, machen sich in diesen Gegenden doch nur zwei Jahreszeiten bemerkbar, nämlich ein Polarwinter und ein Polarsommer, denn der Unterschied in der Temperatur zu Mittag und um Mitternacht zur Zeit des Polarsommers verschwindet gegen den Unterschied zwischen Sommer und Winter, so dass hier nur eine jährliche Temperaturperiode zu bemerken ist, wie umgekehrt in den Aequatorialgegenden nur eine tägliche Periode, insofern hier die Differenz zwischen den beiden Sommern und beiden Wintern weniger als der Unterschied zwischen Tag und Nacht beträgt.

Polarstern heisst der für unsere Zeiten hellste Stern in der Nähe des Nordpoles, den man jedoch nicht als die Stelle des Nordpoles selbst bezeichnend ansehen darf, da er zur Zeit noch 1° 32′ 28″ von demselben entfernt steht.

Polarstrom heisst eine von den Polen gegen den Aequator gerichtete Strömung im Gegensatze zu dem von dem Aequator nach den Polen hin gerichteten Aequatorialstrome. Dergleichen Ströme zeigen sich namentlich im Meere und bei den Winden (s. diese Art.).

Polartag ist der Gegensatz zur Polarnacht (s. d. Art.).

Polaruhr heisst die Sonnenuhr Wheatstone's, die sich auf die

Polarisation (s. d. Art.) des Lichtes gründet. Vergl. Art. Uhr. A. am Ende.

Polarwinter, s. Art. Polarsommer und Polarnacht.

Polarzone, s. Art. Zone.

Poldistanz nennt man die in einem grössten Kreise gemessene Entfernung eines Sternes von dem Nordpole des Himmelsäquators.

Pole, s. Art. Polarität.

Polemoskop nannte Hevel ein Instrument, von welchem er sich eine Verwendung im Kriege versprach, um Gegenstände zu beobachten, die in einer Richtung liegen, nach welcher man das Fernrohr nicht gut richten kann. Im Wesentlichen bestand dasselbe aus einer zweimal rechtwinkelig gebogenen Röhre, in welcher an den Umbiegungen ebene, unter 45° zur Axe des Rohres geneigte Spiegel angebracht waren. — Eine ähnliche Einrichtung hat man an dem Theaterperspective angebracht, indem man das Rohr etwas über das Objectivglas vorspringen liess und vor dasselbe einen unter 45° zur Rohraxe geneigten Spiegel oder ein als Spiegel wirkendes Prisma setzte. Während man das Rohr nach der Bühne richtet, kann man beobachten, was seitwärts vorgeht.

Polhöhe ist der Meridianbogen, welcher zwischen dem Horizonte und dem über diesem befindlichen Pole des Aequators liegt, also, da der Bogen durch den Centriwinkel gemessen wird, der Winkel, welchen an dem Beobachtungsorte die Mittagslinie mit der Weltaxe bildet. Polhöhe und geographische Breite sind gleich, wenn man die Erde als vollkommene Kugel annimmt.

Polinjen heissen kleinere Torossen, d. h. zusammengeschobene Eismassen im sibirischen Eismeere. Vergl. Art. Eis. S. 248.

Pollux und Castor, s. Art. Elmsfeuer.

Polplatten heissen die Endplatten einer galvanischen Säule, von denen die Schliessungsdrähte ausgehen. S. Art. Galvanismus und Säule.

Polychromatisch bedeutet mehrere Farben reflectirend oder durchlassend. Vergl. Art. Dichroismus und Farbe.

Polyeder, s. Art. Rautenglas.

Polyedrie der Krystalle bezeichnet die Abweichung, welche die Lage der Krystallflächen von der den krystallographischen Gesetzen entsprechend berechneten zeigen kann. Vergl. Art. Krystallographie. Die gekrümmten Flächen und strahligen Aggregate gehören auch hierher.

Polyedrisches Glas, s. Art. Rautenglas.

Polygen, s. Art. Monogen.

Polygon { der Beschleunigungen / der Geschwindigkeiten / der Kräfte } s. Art. Bewegungslehre. S. 101.

Polymer
Polymerie } s. Art. Metamerie.

Polymorphose ist nach Liebig diejenige Art der Metamorphose, bei welcher ein complexes organisches Atom einer höheren Ordnung in zwei oder mehrere zusammengesetzte Atome einer niederen Ordnung zerfällt. Es ist hierbei gleichgültig, ob die Zersetzungsprodukte eine dem zersetzten Körper gleiche Zusammensetzung haben oder nicht. Harnstoff giebt z. B. Kohlensäure und Ammoniak.

Polyopter nennt Gehler Gläser, die auf der hinteren Seite eben sind, aber auf der vorderen mehrere sphärisch eingeschliffene Höhlungen haben. Bisweilen ist die Planseite mit Spiegelfolie belegt.

Polyspast bedeutet Flaschenzug. S. Art. Rolle. C.

Polyzonallinse nennt Brewster eine vielzonige Linse, welche wie eine sehr grosse Sammellinse wirkt. Sie besteht aus einer von zwei ringförmigen Stücken umgebenen planconvexen Linse. Alle Stücke haben dieselbe sphärische Krümmung und die ebenen Hinterflächen bilden eine einzige Ebene, während die Ringe auf der Vorderfläche etwas gegen das Stück vorspringen, welches sie einschliessen. Man würde ein einziges Glas von dieser Grösse nicht herstellen können und überdies gewinnt man an Lichtstärke, wegen der geringeren Dicke. Die Ringe selbst sind ebenfalls aus Stücken gebildet. Vergl. Art. Leuchtthurm und Linsenglas. Jetzt construirt man die grossen Leuchtthürme gewöhnlich mit Tonnenlinsen.

Ponderabel oder wägbar, s. Art. Imponderabel.

Pontias heisst in der Gegend von Nyons (Depart. der Drome) ein fast jeden Abend sich einstellender kalter Wind.

Porcellan, Réaumur'sches, s. Art. Glas.

Poren, s. Art. Porosität.

Pororoka heisst am Amazonenstrome die Erscheinung, welche man gewöhnlich Bore (s. d. Art.) nennt.

Porosität ist eine zufällige allgemeine Eigenschaft der Körper und es wird darunter verstanden, dass die den Raum eines Körpers erfüllende Materie den Raum nicht vollständig ausfüllt, sondern grössere oder kleinere Zwischenräume lässt. Diese Zwischenräume nennt man Poren. Sowohl die zwischen den Atomen befindlichen Räume, als die grösseren, mit dem Auge wahrnehmbaren Lücken in der Materie eines Körpers nennt man Poren. — Bei vielen Körpern erkennen wir die Poren schon mit blossem Auge, z. B. beim Badeschwamme, Brode; bei anderen erblickt man sie durch scharfe Vergrösserungsgläser, z. B. bei der Menschenhaut hat man auf der Länge einer Linie 120 Poren gezählt; wieder bei anderen sprechen die Ergebnisse besonderer Versuche dafür. Die Luftblasen im Eise sprechen für die Porosität des Wassers. Dass die Porosität eine allgemeine Eigenschaft sei, geht besonders aus der Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit aller Körper hervor. — Auf

der Porosität des Holzes beruht der sogenannte Quecksilberregen, s. Art. Luftpumpe. C. Für die Porosität der tropfbarflüssigen Körper spricht ausser der Zusammendrückbarkeit derselben (s. Art. Piezometer) die Absorption (s. d. Art.). Der alle Körper durchdringende Aether gehört zu den die Poren ausfüllenden Stoffen.

Posaune, die, ist ein Blasinstrument wie das Horn (s. d. Art.), aber die Röhre besteht aus in einander verschiebbaren Theilen, so dass durch deren Ausziehen oder Einziehen die chromatische Tonleiter (s. Art. Chromatische Tonleiter) zu Stande gebracht werden kann.

Positionsmikrometer, s. Art. Mikrometer. I.

Positiv, s. die betreffenden näheren Bestimmungen, z. B. Art. Bild, Electricität etc.

Potaschenwaage oder Laugenwaage, s. Art. Aräometer. S. 41.

Potenz bedeutet in der Physik häufig etwas in der Natur Wirksames, ein wirksames Agens, wenn man nur im Allgemeinen oder nur vorläufig das Ursächliche bezeichnen will, ohne sich über dasselbe bestimmt auszusprechen. — Unter mechanischer Potenz versteht man die einfachen Maschinen (s. Art. Maschine).

Potenzflaschenzug, s. Art. Rolle. C. 2.

Poxchronometer heisst ein Chronometer in einem cylinderförmigen, stehenden Gehäuse. S. Art. Chronometer.

Procession oder Vorrücken der Nachtgleichen bezeichnet diejenige scheinbare Bewegung aller Fixsterne, durch welche die Länge eines jeden derselben jährlich etwa um $50^1/_3$ Sec. oder in $71^1/_2$ Jahren um einen vollen Grad vergrössert wird, da das Vorrücken (eigentlich Zurückrücken) des Frühlings-Nachtgleichenpunktes westwärts erfolgt.

Präcipitat oder Niederschlag.
Präcipitation, Niederschlagung, Fällung. } Verbinden sich ungleichartige Körper auf nassem Wege mit einander und scheidet sich dabei ein Körper in starrem Zustande aus, der specifisch schwerer als die Flüssigkeit ist, so sinkt er in dieser nieder. Diese Erscheinung nennt man eine Präcipitation, Niederschlagung oder Fällung, und den sich absetzenden Stoff ein Präcipitat oder einen Niederschlag.

Präparirmikroskop, s. Art. Mikroskop. I.

Präservativbrille, s. Art. Brillen. S. 126.

Presbyopie bedeutet Weitsichtigkeit
Presbyopisch bedeutet weitsichtig } s. Art. Weitsichtig.

Presse nennt man eine mechanische Vorrichtung zur Erzeugung eines bedeutenden Druckes durch eine verhältnissmässig geringe Kraft. — Je nach dem Zwecke, welchen man durch den Druck erreichen will, erhalten die Pressen bezeichnende Namen, z. B. Packpresse, Formpresse, Druckpresse etc. In dieser Hinsicht ist die Verschiedenheit der Pressen eine sehr grosse, insofern für jeden bestimmten Zweck gewöhnlich eine

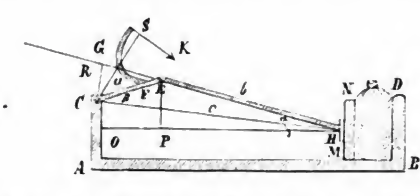
besonders zweckmässige Einrichtung zu treffen ist. Trotz dieser Mannigfaltigkeit reduciren sich die Pressen, wenn man auf das denselben zu Grunde liegende physikalische Princip sieht, auf eine nur geringe Zahl; denn man wendet vorzugsweise die Schraube, den Keil, den Hebel und das Gesetz der communicirenden Röhren an. Cylinderpressen lassen sich in ihrer Wirkungsweise auf den Keil zurückführen. In dem Folgenden können nur die wesentlichsten Eigenschaften der einzelnen Pressen in Betracht kommen.

A. Schraubenpresse. Wegen der Wirkung der Schraube ist Art. Schraube zu vergleichen. Als Beispiel dieser Pressenart erinnern wir an die Kartenpresse, Serviettenpresse, den Schraubstock etc. Will man mit einer Presse dieser Art mittelst einer kleinen Kraft einen verhältnissmässig grossen Druck hervorbringen, so ist entweder der Hebelarm länger zu nehmen, oder ein Gewinde von geringerer Höhe anzuwenden. Da ein feines Gewinde nur schwach ist und daher leicht abbrechen kann, so hat Hunter eine Differentialschraubenpresse construirt, welche bei stärkerem Gewinde und grösserer Höhe des Schraubenganges doch dasselbe leistet. In einem starken Rahmen sind zwei Pressplatten, die am Rahmen in Führungen gehen; durch beide Pressplatten und durch den oberen Theil des Rahmens geht eine Schraubenspindel bis zur Bodenplatte des Rahmens, wo sie in einer stumpfen Pfanne ruht; nur die beiden Pressplatten haben Schraubenmuttern, durch den oberen Theil hingegen geht die Spindel ohne Gewinde durch einen einfachen Hals; die Spindel selbst hat in der oberen Hälfte ein steileres Gewinde als in der unteren und dem entsprechend in der oberen Pressplatte eine dem steileren und in der unteren eine dem flacheren Gewinde anpassende Mutter. Bringt man die zu pressenden Gegenstände zwischen die Pressplatten und zwar je einen auf eine Seite der Spindel, also immer paarweis, und dreht den Kopf der Spindel durch einen Hebel um, so macht jede Pressplatte bei einer Umdrehung der Spindel einen Weg gleich der ihrer Mutter zukommenden Gewindhöhe und es bewegt sich also die untere Pressplatte langsamer als die obere und beide nähern sich bei einer Umdrehung nur um so viel, als die Differenz der Höhen beider Gewinde beträgt, also um so viel wie bei einer einzigen Schraube, deren Gewindhöhe dieser Differenz gleichkommen würde. Leider ist die Reibung bei dieser Schraube sehr bedeutend und dies gilt auch von den Verbesserungen derselben, die namentlich Curtis und Hawson versucht haben. Bei der Einrichtung, welche der Erstere der Presse gegeben hat, wirkt anfangs die Schraube, deren Gewinde das weitere ist, allein und darauf tritt erst die gemeinsame Wirkung der beiden Gewinde ein.

B. Hebelpresse. Wegen der Wirkung des Hebels vergl. Art. Hebel. Gewöhnlich bestehen die Hebelpressen aus einem einfachen einarmigen Hebel, an welchem in möglichst grosser Entfernung von dem

Drehpunkte ein möglichst grosses Gewicht, z. B. ein Mühlstein, angebracht wird. Man verwendet derartige Pressen z. B. beim Keltern des Weines.

C. Kniepresse oder Kniehebelpresse oder Knie schlechthin oder Gelenke. Diese Presse hat ihren Namen davon, dass ihre Wirkungsweise auf dasselbe hinausläuft, wie der Druck, welchen man dann ausübt, wenn man seinen Rücken gegen einen feststehenden Körper stützt, das im Knie unter einem Winkel gestellte Bein gegen einen Gegenstand stemmt und nun das Bein zu strecken sucht. Um das Princip dieser Presse zur Anschauung zu bringen, legen wir beistehende Figur zu Grunde. Auf der festen Unterlage AB sei AC und BD senkrecht befestigt, in C befinde sich der Drehpunkt des Hebels $CEFG$, und in E eine Stange EH, welche mit ihrem Ende an den auf AB verschiebbaren Körper MN drückt, zwischen welchem und BD die zusammenzupressende Last liegt. Setzen wir $AC = h$; $CE = a$; $EH = b$; $HM = d$; $CH = c$; das Perpendikel CR von C auf $EH = E_l$, das



auf die Kraft an FG, also $CS = E_k$; so lässt sich beweisen, dass der Druck P, welcher auf MN in H ausgeübt wird, durch folgende Formel ausgedrückt werden kann:

$$P = \frac{K \,.\, E_k}{c^2} \left[\frac{(c^2 + b^2 - a^2) \sqrt{c^2 - (h-d)^2}}{\sqrt{\Sigma}} - (h - d) \right].$$

wo $\Sigma = s\,(s - 2a)\,(s - 2b)\,(s - 2c)$ ist, wenn $a + b + c$ mit s bezeichnet wird. Setzen wir nämlich $\angle EHC = \alpha$, $\angle ECH = \beta$ und $\angle CHO = \gamma$, wenn HO senkrecht auf AC steht, so ist $P = \frac{K \,.\, E_k}{a} \cdot \frac{\cos(\alpha + \gamma)}{\sin(\alpha + \beta)}$; denn es ist $K \,.\, E_k = L \,.\, E_l$, aber $E_l = a \sin(\alpha + \beta)$; zerlegt man nun L in EP (senkrecht auf AB) und HP (parallel AB), so ist nur HP zum Zusammenpressen wirksam, also $P = L \,.\, \cos(\alpha + \gamma)$; folglich $K \,.\, E_k = \frac{P \,.\, a \,.\, \sin(\alpha + \beta)}{\cos(\alpha + \gamma)}$ und

$$P = \frac{K \,.\, E_k}{a} \cdot \frac{\cos(\alpha + \gamma)}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

In dem Dreiecke CEH ist $\sin(\alpha + \beta)$

$= \frac{1}{2ab} \sqrt{\Sigma}$ und da $\sin\gamma = \frac{h-d}{c}$ und $\cos\gamma = \frac{\sqrt{c^2-(h-d)^2}}{c}$,

so wird

$$\cos(\alpha+\gamma) = \frac{(b^2+c^2-a^2)\sqrt{c^2-(h-d)^2}-(h-d)\sqrt{\Sigma}}{2bc^2}.$$

Setzt man diese Werthe ein, so erhält man den obigen Ausdruck für P.

Aus diesem allgemeinen Werthe ersieht man schon, dass die Wirkung um so grösser ist, je kleiner $h-d$ wird; setzen wir deshalb $h=d$, d. h. nehmen wir an, dass CH senkrecht zu MN ist, so wird

$$P = \frac{K \cdot E_k (c^2+b^2-a^2)}{c\sqrt{\Sigma}} = \frac{K \cdot E_k}{a} \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$= \frac{K \cdot E_k}{c} \cdot ctg\,\alpha.$$

Es ist also die Wirkung der Kraft um so bedeutender, je kleiner α wird, d. h. je mehr das Knie gestreckt wird. Wäre z. B. $a = 3''$, $b = 10''$, $c = 12''$ und wirkte eine Kraft von 30 Npfd. in einer Entfernung $E_k = 18''$, so wäre die Wirkung $P = 217$ Npfd.; dieselbe Kraft würde aber, wenn $c = 12'',8$ wäre und alles Uebrige ungeändert bliebe, $P = 442$ Npfd. ergeben.

Pressen dieser Art sind vorzüglich brauchbar, wenn es sich um einen Druck handelt, bei welchem der Widerstand zuletzt bedeutend zunimmt und für welchen nur ein geringes Vorschreiten der Pressplatte nöthig ist. Man hat sie deshalb als Siegelpresse und Münzpresse angewandt und selbst Buchdrucker- und Packpressen nach ihrem Principe construirt, z. B. die sogenannte Hagar-Presse. Vergl. Art. Knie.

D. Keilpresse. Wegen der Wirkung des Keiles s. Art. Keil. Ein Beispiel der Keilpresse liefert die gewöhnliche Oelpresse; ebenso ist bei den Kammmachern eine solche im Gebrauch, um das Horn und Schildpatt zu formen und zu biegen. Das Wesentlichste ist, dass ein Keil durch Stoss und nicht durch Druck zwischen zwei Pressplatten eingetrieben wird, wodurch der zu pressende, in einer starken Form befindliche Gegenstand der Wirkung des Stosses unterliegt. Um das Ganze wieder auseinander nehmen zu können, befindet sich zwischen zwei besonderen Platten noch ein umgekehrt stehender Keil, der aber während des Schlagens so gehalten wird, dass unter seinem Kopfe noch ein nicht ausgefüllter Raum vorhanden ist. Dieser sogenannte Lösekeil wird nach beendeter Operation niedergeschlagen, und es können nun die einzelnen Theile auseinander genommen werden.

E. Die Cylinderpressen kommen in ihrem Principe auf den Keil zurück. Sie bestehen gewöhnlich aus zwei parallelen, in einem bestimmten Abstande von einander aufgestellten Cylindern. Der zu

pressende Körper wird in den Zwischenraum gesteckt und dann durch die beiden, in Umdrehung versetzten Cylinder vorwärts getrieben und durchgepresst. Die Verwendung dieser Pressen ist eine sehr verbreitete. Ein Vorzug besteht namentlich darin, dass sie gleichmässig und ohne Unterbrechung arbeiten.

F. Die hydraulische Presse beruht auf dem Gesetze, dass, wenn auf die Oberfläche einer Flüssigkeit ein Druck ausgeübt wird, auch die unter der Oberfläche liegenden Theilchen diesen Druck erleiden und der Druck auf die Oberfläche sich nach allen Richtungen durch die ganze Flüssigkeit fortpflanzt. Repräsentant dieser Art von Pressen ist die bramahsche Presse (s. d. Art.), die deshalb auch vorzugsweise hydraulische Presse genannt wird; indessen giebt es noch manche Abänderungen, z. B. die hydraulische Presse von Käppelin zum Auspressen saftiger Früchte. Der Druck wird bei dieser Presse zwar auch durch Wasser ausgeübt, derselbe wirkt aber auf den elastischen Boden (6 bis 8 mit Kautschuckfirniss zusammengeklebte Kattunblätter) des Fruchtbehälters, der durch einen festaufsitzenden Deckel geschlossen ist: Der Saft fliesst durch zahlreiche im Deckel angebrachte Oeffnungen in eine den Behälter umgebende Rinne und von hier in ein untergestelltes Gefäss.

G. Die hydrostatische Presse. Diese Presse beruht darauf, dass der Druck einer Flüssigkeit auf den Boden eines Gefässes mit der Höhe der Flüssigkeit wächst, wie auch das Gefäss sonst gestaltet sein möge. Als Repräsentant dieser Pressen gilt die Real'sche Presse, die man deshalb auch wohl geradezu hydrostatische Presse nennt. In der Hauptsache besteht diese Presse aus einem Gefässe, welches über seinem Boden in einem mehr oder weniger grossen Abstande noch einen feststehenden, siebförmig durchlöcherten Boden enthält. Auf diesen kommt in zertheiltem Zustande die auszuziehende Substanz (z. B. gemahlener Kaffee) und auf diese ein ebenfalls siebförmig durchlöcherter, aber nicht feststehender dritter Boden, so dass die Substanz zwischen den beiden Sieben möglichst fest gepackt ist. Das Gefäss wird durch einen luftdicht schliessenden Deckel verschlossen, aus dessen Mitte eine möglichst hohe, oben in einem Trichter endende Röhre abgeht, deren Durchmesser verhältnissmässig klein ist. Giesst man durch den Trichter die Flüssigkeit, welche zu dem Extracte nöthig ist, in die Röhre und hält diese immer gefüllt, so wird auf die auszuziehende Substanz ein der Flüssigkeitshöhe entsprechender Druck ausgeübt und der Extract sammelt sich im unteren Theile des Behälters an, von wo er durch einen Hahn abgelassen werden kann. — Umgekehrt gestellte Real'sche Pressen sind die in den Oelraffinerien gebräuchlichen Reinigungsapparate, indem hier nur noch das Gesetz der communicirenden Gefässe oder des anatomischen Hebers in Betracht kommt, indem die umgebogene Röhre

in den Boden des Behälters mündet und die Flüssigkeit von unten nach oben durch das Filtrum gepresst wird.

H. Die Luftpresse. Bei dieser Presse wirkt der einseitige Luftdruck auf die zwischen zwei siebförmigen Platten festgepackte Substanz, welche ausgezogen werden soll, indem unter derselben ein luftleerer Raum erzeugt wird. Repräsentant dieser Art von Pressen ist die Presse von Romershausen. Vergl. überdies Art. Luftpresse.

Primär, s. Art. Secundär.

Princip des Archimedes heisst das von Archimedes zuerst aufgefundene Gesetz, dass jeder in eine Flüssigkeit ganz oder theilweise eintauchende Körper von seinem Gewichte so viel verliert, als die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt. Vergl. Art. Hydrostatik. S. 475.

Princip der virtuellen Geschwindigkeiten. Die unendlich kleine Verrückung, welche der Angriffspunkt einer Kraft durch eine in unendlich kleiner Zeit eintretende Wirkung derselben erfährt, nennt man die virtuelle Geschwindigkeit der Kraft. — Greifen mehrere Kräfte $P_1, P_2, P_3 \ldots$ ein System festverbundener Punkte an und lässt sich für dieselben eine Resultirende P angeben (vergl. Art. Bewegungslehre. V. u. VI. S. 102 und 103), so ist $Ps = P_1 s_1 + P_2 s_2 + P_3 s_3 + \ldots$, sofern die Kräfte ihrer Stärke und Richtung nach unveränderlich sind und $s, s_1, s_2 \ldots$ die von den Kräften in derselben Zeit zurückgelegten Wege bezeichnen. Sind die Kräfte hingegen in ihrer Stärke und Richtung veränderlich, so gilt dieser Satz nur für die in unendlich kleiner Zeit zurückgelegten Wege und für diesen Fall heisst dies Gesetz das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, da die in diesem Zeittheilchen zurückgelegten Wege eben virtuelle Geschwindigkeiten heissen. Vergl. überdies Art. Geschwindigkeit, virtuelle.

Princip der lebendigen Kraft. Das Product aus der Masse eines in Bewegung befindlichen Körpers und dem Quadrate der demselben in einem bestimmten Augenblicke beiwohnenden Geschwindigkeit (Mv^2) nennt man die lebendige Kraft des Körpers in dem betreffenden Augenblicke. Das Princip der lebendigen Kraft wird nun das Gesetz genannt, nach welchem die Arbeit einer Kraft der halben lebendigen Kraft gleich ist (vergl. Art. Arbeit der Kraft). Man definirt wohl auch das Princip der lebendigen Kraft als das Gesetz von der mechanischen Leistung der Körper durch ihre Trägheit.

Prisma, das, bezeichnet im Allgemeinen einen Körper, welcher von zwei congruenten und parallelen Dreiecken oder Vielecken, deren gleiche Seiten und gleiche Winkel in gleicher Folge und ähnlich liegen, also z. B. in beiden in gleicher Folge nach Rechts hin, als Grundflächen und von soviel Parallelogrammen, als eine der Grundflächen Seiten hat, als Seitenflächen eingeschlossen wird. Nach der Anzahl der

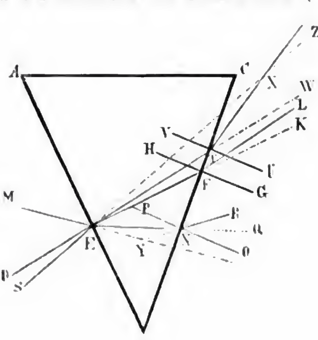
Seitenflächen unterscheidet man drei-, vier- und fünfseitige etc. Prismen. Die Höhe eines Prisma ist die Senkrechte, welche die Entfernung beider Grundflächen bestimmt. Stehen die Seitenflächen auf den Grundflächen senkrecht, so ist das Prisma g e r a d e, andernfalls s c h i e f. Ein Prisma, dessen Grundflächen Parallelogramme sind, heisst ein P a r a l l e l e p i p e d o n. Ein solches ist rechtwinkelig, wenn alle Grenzflächen Rechtecke sind. Der W ü r f e l ist daher auch ein Parallelepipedon, nur dass die Rechtecke Quadrate sind.

A. In der Physik ist das dreiseitige oder dreikantige Prisma von besonderer Wichtigkeit und man versteht da unter einem Prisma schlechthin stets ein solches, wobei man je nach dem die Grundfläche bildenden Dreiecke noch rechtwinkelige, stumpfwinkelige und spitzwinkelige, ebenso gleichseitige, gleichschenkelige und ungleichseitige unterscheidet.

Die Brechung (s. d. Art.) der Lichtstrahlen und der Strahlen überhaupt in einem Prisma hat besondere Erscheinungen zur Folge, namentlich aber bietet dasselbe den besten Anhalt zur Bestimmung der Brechungsexponenten (s. Art. B r e c h u n g. A. I.) der Stoffe, aus welchen das Prisma besteht.

Geht ein Lichtstrahl durch ein dreikantiges Prisma, so nennt man die Kante der beiden Flächen, in welchen der Strahl ein- und austritt, die B r e c h u n g s k a n t e; den Schnitt der Flächen, welcher auf der Brechungskante senkrecht steht und nach dessen Form das Prisma näher bezeichnet wird, den H a u p t s c h n i t t, und den Winkel, welchen der Schnitt, in welchem der durchgehende Strahl liegt, an der Brechungskante bildet, den b r e c h e n d e n W i n k e l.

1) Es fragt sich nun zunächst, ob ein auf ein dreikantiges Prisma auffallender Lichtstrahl an der Hinterfläche auch wieder austritt: denn es wäre möglich, dass dort beim Uebergange aus dem dichteren Mittel in ein dünneres der Grenzwinkel (s. Art. B r e c h u n g. S. 117) überschritten würde und also totale Reflexion eintreten müsste. Dies hängt von dem Einfallswinkel (s. Art. B r e c h u n g. S. 116) auf der Vorderfläche, dem Brechungsexponenten und dem brechenden Winkel des Prisma ab.



Ist ABC in nebenstehender Figur der Schnitt des Prisma, in welchem ein auf AB auffallender Strahl durch das Prisma geht, und E der Einfallspunkt des Strahles, so ist zunächst zu unterscheiden, ob der Strahl in dem Einfallslothe DE selbst liegt, also

senkrecht auffällt, oder ob das Einfallsloth *DE* zwischen dem einfallenden Strahle (*ME*) und der brechenden Kante *B* sich befindet, oder endlich ob der einfallende Strahl (*SE*) zwischen dem Einfallslothe *DE* und der brechenden Kante *B* seine Lage hat.

Im ersten Falle würde der Strahl bei *E* ungebrochen in das Prisma eintreten und in der Richtung *DEF* auf die Hinterfläche treffen. Ist *HFG* das Einfallsloth in *F*, so wird der Strahl austreten, sobald ∠*EFH* kleiner ist als der Grenzwinkel. Der Strahl geht dann nicht weiter in der Richtung *DEFK*, sondern in der Richtung *FL*, so dass ein in *L* befindliches Auge die Stelle, von welcher der Lichtstrahl *DE* herkommt, mehr nach der brechenden Kante *B* hin verlegt. — Die Bedingung des Austretens in diesem Falle kommt darauf hinaus, dass der brechende Winkel kleiner sein muss als der Grenzwinkel, weil der Winkel *EFH* dem brechenden Winkel gleich ist.

Im zweiten Falle erleidet der Strahl *ME* bereits bei seinem Eintreten in das Prisma bei *E* eine Brechung, geht nicht in der Richtung *MEY* weiter, sondern in der Richtung *EN*. Ist *PNO* das Einfallsloth in *N*, so wird der Strahl austreten, sobald ∠*ENP* kleiner ist als der Grenzwinkel. Der Strahl geht dann nicht in der Richtung *ENQ* weiter, sondern in der Richtung *NR*, so dass ein in *R* befindliches Auge die Stelle, von welcher der Lichtstrahl *ME* herkommt, wieder nach der brechenden Kante *B* hin verlegt. — Die Bedingung des Austretens in diesem Falle kommt darauf hinaus, dass der brechende Winkel den doppelten Grenzwinkel nicht überschreiten darf, weil im schlimmsten Falle sowohl ∠*PNE* als auch ∠*PEN* dem Grenzwinkel gleichkommen könnte, diese aber zusammen dem brechenden Winkel *B* gleich sind.

Im dritten Falle erleidet der Strahl *SE* ebenfalls bei seinem Eintreten in das Prisma bei *E* eine Brechung, geht nicht in der Richtung *SEZ* weiter, sondern in der Richtung *ET*. Ist *VTU* das Einfallsloth in *T*, so wird der Strahl austreten, sobald ∠*VTE* kleiner ist als der Grenzwinkel. Der Strahl geht dann nicht in der Richtung *ETW* weiter, sondern in der Richtung *TX*, so dass ein in *X* befindliches Auge die Stelle, von welcher der Lichtstrahl *SE* herkommt, abermals mehr nach der brechenden Kante *B* hin verlegt. — Die Bedingung des Austretens in diesem Falle kommt darauf hinaus, dass der brechende Winkel kleiner sein muss als der Grenzwinkel, und zwar wenigstens um den Brechungswinkel an der Vorderfläche, weil dieser und der brechende Winkel zusammen dem Winkel *ETV* gleich sind.

Der günstigste Fall für das Austreten eines auf ein Prisma fallenden Lichtstrahles ist also der, wenn das Einfallsloth zwischen ihm und der brechenden Kante liegt, weil dann der brechende Winkel am grössten sein kann. Ist die Bedingung des Austretens nicht erfüllt, so wird der Lichtstrahl an der Hinterfläche nach den Gesetzen der Reflexion nach *AC* hin reflectirt, wo es sich dann ebenso um den dann brechenden

Winkel *C* handeln wird, um zu sehen, ob der Lichtstrahl an dieser Fläche austritt oder nicht. — Tritt der Lichtstrahl auf der Hinterfläche eines Prisma aus, so versetzt ein von dem austretenden Lichtstrahle getroffenes Auge stets die Stelle, von welcher der einfallende Lichtstrahl herkommt, mehr nach der brechenden Kante hin, denn der austretende Lichtstrahl hat stets eine Richtungsänderung von der Brechungskante weg erlitten.

2) Es fragt sich nun, wie viel die Ablenkung des aus dem Prisma austretenden Lichtstrahles von der ursprünglichen Richtung beträgt. — Bestimmt man die beiden Winkel, welche der eintretende und der austretende Lichtstrahl mit ihren Einfallslothen bilden, und nennt man jenen den Eintritts-, diesen den Austrittswinkel, so ist im ersten Falle die Ablenkung gleich der Differenz zwischen dem Austrittswinkel und dem brechenden Winkel; im zweiten Falle gleich der Differenz zwischen dem brechenden Winkel und der Summe aus dem Eintritts- und Austrittswinkel, und im dritten Falle gleich der Differenz zwischen dem Austrittswinkel und der Summe aus dem Eintrittswinkel und brechenden Winkel.

In dem zweiten Falle, der bereits als der günstigste für das Austreten bezeichnet ist, ist die Ablenkung am kleinsten, wenn Eintritts- und Austrittswinkel gleich sind, wenn also der durchgehende Strahl ein gleichschenkeliges Dreieck mit dem brechenden Winkel an der Spitze abschneidet. Giebt man dem Prisma eine andere Stellung nach der einen oder nach der anderen Seite hin in Bezug auf den einfallenden Strahl, so wird jedesmal die Ablenkung grösser. Man nennt daher die Stellung der kleinsten Ablenkung des Prisma die vortheilhafteste Stellung desselben.

3) Aus diesen Gesetzen erklären sich nicht nur — abgesehen von den dabei auftretenden Farben, worüber Art. Farben nachzusehen ist, — mannigfache Erscheinungen bei dem Durchgange des Lichtes durch die Prismen, sondern sie bieten auch die besten Wege zur Ermittelung der Brechungsexponenten sowohl fester, wie tropfbarflüssiger und luftförmiger Stoffe.

Sieht man durch ein Prisma nach einem Gegenstande, so erblickt man denselben, falls die Lichtstrahlen durchgegangen sind, nach der Seite verschoben, nach welcher die brechende Kante liegt. — Blickt man nach einem horizontalen langgestreckten Körper, z. B. nach einer Fensterspeiche, und ist die brechende Kante ebenfalls horizontal und unten liegend, so erscheint der Körper nicht blos nach unten gerückt, sondern auch mit seinen seitwärts liegenden Theilen abwärts gebogen, weil die seitlich kommenden Strahlen im Prisma einen grösseren brechenden Winkel durchlaufen, als die im Hauptschnitte durchgehenden. — Tritt das von einem Gegenstande auf ein Prisma fallende Licht nicht auf der zunächst getroffenen Hinterfläche heraus, sondern erst nach auf dieser eingetretenen totalen Reflexionen auf der dritten Prismenfläche, so

erblickt man ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes. Fallen hierbei die von dem Gegenstande ausgehenden Strahlen senkrecht auf die Prismenfläche, so kann es sein, dass sie aus der dritten Seite wieder senkrecht, also ohne Brechung und daher auch ohne Farben austreten. Der Gegenstand erscheint dann umgekehrt, wie gespiegelt, und um den doppelten Winkel, welchen die beiden ersten Flächen einschliessen, abgelenkt. Ist das Prisma gleichschenkelig rechtwinkelig, so erhält man also eine Ablenkung von 90 Grad, und diesen Fall benutzt man gerade am häufigsten, wo sonst ein Spiegel verwendet werden müsste, weil das Prisma keine Doppelbilder wie ein belegter Glasspiegel giebt. Die reflectirende Prismenfläche wird bei dieser Verwendung des Prisma gewöhnlich geschwärzt, um nur das von der Fläche reflectirte Licht zu erhalten. Die Lichtstrahlen fallen dann auf der einen Kathetenfläche auf, werden auf der Hypotenusenfläche reflectirt und treten auf der anderen Kathetenfläche aus. Es ist eine derartige Verwendung des Prisma in allen Fällen möglich, wo der Grenzwinkel kleiner ist als 45°, also bei allen Stoffen, deren Brechungsexponent grösser als 1,413 ist. Anwendungen hiervon macht man als Spiegel bei der *Camera obscura*, um das Bild horizontal aufzufangen; an Theaterperspectiven (s. Art. Polemoskop). — Will man, dass ein senkrecht auf eine Prismenfläche auffallender Strahl aus derselben Fläche wieder senkrecht austrete, so gehört dazu ebenfalls ein gleichschenkelig rechtwinkeliges Prisma, aber die Lichtstrahlen müssen auf die Hypotenusenfläche auffallen. Hier findet an jeder Kathetenfläche, also zweimal, eine totale Reflexion statt. Hiervon könnte man Gebrauch machen bei dem Versuche, die Geschwindigkeit des Lichtes durch Reflexion zu bestimmen, wie dies von Fizeau und Foucault (s. Art. Licht) ausgeführt ist, indem es hier darauf ankommt, das Licht denselben Weg nochmals zurück machen zu lassen. — Wollte man das senkrecht auffallende Licht nach dreimaliger innerer Reflexion auf der zweiten Fläche senkrecht austretend erhalten, so müsste das Prisma gleichschenkelig und der Grenzwinkel kleiner als 36°, also der Brechungsexponent grösser als 1,701 sein, und zwar müssten die Strahlen auf der einen gleichen Seitenfläche auffallen. Durch Glasprismen lässt sich dieser Fall nicht realisiren, da der Grenzwinkel derselben 36° übertrifft; wohl aber erklärt sich daraus die starke Lichtreflexion der Edelsteine, da diese einen grossen Brechungsexponenten besitzen und also das eindringende Licht leicht innere Reflexion erleidet. Ein gleichschenkeliges Prisma mit einem Winkel von 36° an der Spitze würde in allen Fällen die dreimalige Reflexion zeigen; wäre der Grenzwinkel 27°, so könnte der Winkel an der Spitze zwischen 27 und 42° betragen und ähnlich würde es für andere Grenzwinkel sein, die kleiner als 36° sind. Ueberhaupt muss der Winkel an der Spitze wenigstens dem Grenzwinkel gleich sein und darf 60° weniger $^2/_3$ des Grenzwinkels nicht überschreiten. Die

Ablenkung beträgt in solchem Falle stets so viel wie der Winkel an der Spitze des gleichschenkeligen Dreiecks Grade enthält. — Auf zweimaliger totaler Reflexion im Inneren eines vierkantigen Prisma beruht Wollaston's *Camera lucida* (s. d. Art.). — Die Ablenkung durch Prismen findet eine einfache, aber sehr zweckmässige Verwendung im sogenannten Prismenstereoskope. — Lässt man Lichtstrahlen parallel der Hypotenuse eines gleichschenkeligen rechtwinkeligen Prismas auf eine Kathetenfläche auffallen, so treten sie nach stattgehabter totaler Reflexion an der Hypotenusenfläche auf der anderen Kathetenfläche parallel den auf der ersten einfallenden heraus, und kommen die Strahlen von einem Gegenstande, so wird dieser nach dem Austreten umgekehrt. Hiervon macht man Anwendung zur Umkehrung der Bilder in der *Camera obscura*; es gründet sich darauf das sogenannte Reversionsprisma (s. d. Art.) oder Prismenocular; vergl. auch Art. Teinoskop.

B. Die Bestimmung des Brechungsexponenten mittelst des Prisma beruht im Allgemeinen, wenn n den Brechungsexponenten, B den brechenden Winkel, e den Einfallswinkel an der Vorderseite, b' den Winkel des an der Hinterfläche austretenden Lichtstrahles mit dem Einfallslothe bedeutet, auf der Formel:

$$n = \frac{\sqrt{\sin^2 e + \sin^2 b' + 2 \,.\, \sin e \,.\, \sin b' \,.\, \cos B}}{\sin B}.$$

Diese leicht abzuleitende Formel vereinfacht sich, wenn das Prisma in seiner vortheilhaftesten Stellung sich befindet, wo also $e = b'$ ist, in

$$n = \frac{\sin b'}{\sin {}^1/_2 B} = \frac{\sin {}^1/_2 (a + B)}{\sin {}^1/_2 B},$$

wo a die in diesem Falle stattfindende Ablenkung angiebt. Ferner erhält man $n = \frac{\sin (a + B)}{\sin B}$, wenn der Lichtstrahl auf der Vorderfläche senkrecht auffällt.

Die zweckmässigsten Methoden, den Brechungsexponenten mittelst dieser Formeln zu finden, kommen einfach darauf hinaus, den brechenden Winkel und die Ablenkung zu bestimmen und die gefundenen Resultate dann der Berechnung zu unterwerfen.

Will man den Brechungsexponenten einer starren Substanz bestimmen, so ist nur nöthig aus derselben ein Prisma zu schneiden oder sich ein Stück mit zwei nicht parallelen Flächen zu verschaffen. Den Brechungsexponenten tropfbarer Flüssigkeiten findet man auf dieselbe Weise mittelst prismatischer Gefässe, an denen zwei Seiten aus parallelflächigen Glasscheiben bestehen. Bei luftförmigen Flüssigkeiten verfährt man ähnlich, indem man dieselben in ein Gefäss einschliesst, welches an zwei gegenüberstehenden Seiten mit parallel-

flächigen Glasscheiben, die gegen einander geneigt sind, versehen ist, so dass sie als zwei Flächen eines Prisma betrachtet werden können.

Eine frühere, namentlich von Euler angewendete Methode, den Brechungsexponenten tropfbarer Flüssigkeiten zu bestimmen, bestand darin, die Flüssigkeit zwischen Glaslinsen einzuschliessen und aus der eintretenden Veränderung der Brennweite den Brechungsexponenten zu berechnen.

Bringt man durchsichtige starre Körper in Flüssigkeiten von gleichem Brechungsvermögen, so erleidet ein durchgehender Lichtstrahl durch den in der Flüssigkeit befindlichen Körper keine Ablenkung; kennt man also den Brechungsexponenten der Flüssigkeit, so ist auch der des starren Körpers bekannt. Bringt man also einen starren durchsichtigen Körper in eine Flüssigkeit und mischt dieser so lange eine andere Flüssigkeit zu, bis die obige Bedingung erfüllt ist, so braucht man nur noch den Brechungsexponenten der Flüssigkeit zu bestimmen. Diese Methode empfiehlt sich namentlich für Edelsteine, deren Form man nicht gern abändern möchte. Bringt man z. B. einen echten Diamanten in Olivenöl und setzt zu diesem nach und nach Cassia- oder Sassafrasöl in kleinen Mengen, so erhält man endlich eine Mischung, in welcher der Diamant nicht mehr wahrnehmbar ist. In derselben Mischung würde ein unechter Diamant noch sichtbar sein, weil ihm ein anderer Brechungsexponent zukommt.

Selbst für undurchsichtige Körper kann man den Brechungsexponenten ermitteln, den sie in dünnen Scheiben, bei welchen sie durchsichtig sind, haben würden. Das Mittel hierzu bietet die Polarisation des Lichtes, da bei vollständiger Polarisation der gebrochene und reflectirte Strahl auf einander senkrecht stehen, und also aus dem bekannten Polarisationswinkel der Brechungswinkel und Einfallswinkel sich ergeben (vergl. Art. Polarisation. A. b.).

Prisma, achromatisches. Giebt man Prismen aus Stoffen von verschiedener Dispersionskraft solche brechende Winkel, dass sie bei demselben Abstande gleich lange Spectra liefern, und legt man sie dann mit den brechenden Winkeln in entgegengesetzter Lage an einander, so wird ein durch diese Combination hindurchgehender Strahl weissen Lichtes zwar noch gebrochen, aber es entsteht kein farbiges Spectrum, sondern man erhält ein weisses, höchstens am Rande noch etwas farbig gesäumtes Bild. Eine Combination aus zwei derartigen Prismen nennt man ein achromatisches Prisma.

Es müssen sich, damit die mittleren und äussersten Strahlen nach ihrem Durchgange durch ein solches Doppelprisma einerlei Ablenkung erfahren und Achromatismus eintritt, die Farbenzerstreuungen der beiden Prismen umgekehrt wie ihre brechenden Winkel verhalten. Es sei nämlich B der brechende Winkel des ersten Prisma, e der Einfallswinkel an der Vorderfläche, b der Austrittswinkel an der Hinterfläche, so ist

(s. Art. Prisma. A. 2.) die Ablenkung $a = b + e - B$. Sind die zugehörigen inneren Winkel respective ε und β und ist der Brechungsexponent n, so erhält man für kleine Winkel $e = n\varepsilon$ und $b = n\beta$, also $b + e = n(\beta + \varepsilon) = nB$ und $a = (n - 1) B$. Für das zweite Prisma mit dem brechenden Winkel B_1 und Brechungsexponenten n_1 wird ebenso $a_1 = (n_1 - 1) B_1$. Liegen die Prismen entgegengesetzt, so wird die Ablenkung $A = (n - 1) B - (n_1 - 1) B_1$. Ist nun n und n_1 der Brechungsexponent der mittleren Strahlen, r und r_1 derjenige der rothen und v und v_1 derjenige der violetten, so ist ebenso $A_r = (r - 1) B - (r_1 - 1) B_1$ und $A_v = (v - 1) B - (v_1 - 1) B_1$. Sollen die Ablenkungen gleich sein, so muss also $(n - 1) B - (n_1 - 1) B_1 = (r - 1) B - (r_1 - 1) B_1 = (v - 1) B - (v_1 - 1) B_1$ sein, d. h.

$$\frac{B_1}{B} = \frac{n - r}{n_1 - r_1} = \frac{v - n}{v_1 - n_1} = \frac{v - r}{v_1 - r_1}.$$

Hiernach würde ein Crownglasprisma, bei welchem die rothen Strahlen den Brechungsexponenten 1,526 und die violetten 1,546 haben, durch ein Flintglas mit den respectiven Brechungsexponenten 1,628 und 1,671 achromatisirt werden, wenn z. B. jenes einen brechenden Winkel von 25° und dieses von 11° 37',674 besitzt. Dollond (s. d. Art.) hat 1758 zuerst ein achromatisches Prisma zu Stande gebracht und dadurch die dioptrischen Fernröhre wesentlich vervollkommnet. Vergl. überdies Art. Achromatismus und Farben.

Prisma, Dove'sches } s. Art. Nicol'sches Prisma.
Prisma, Nicol'sches }

Prisma, Rochon'sches, s. Bergkrystallmikrometer in Art. Mikrometer. 3. S. 123.

Prismenocular ist ein aus einem Reversionsprisma (s. d. Art.) gebildetes Ocular, durch welches das umgekehrte Bild des astronomischen Fernrohres nochmals umgekehrt und also in die natürliche Lage des Objectes gebracht wird, so dass das Fernrohr in ein terrestrisches umgewandelt ist. Vergl. Art. Fernrohr.

Prismenphotometer oder Astrometer hat Steinheil einen photometrischen Apparat (s. Art. Photometer) genannt, der sich darauf gründet, dass ein Stern, welcher in einem zum deutlichen Sehen eingestellten Fernrohre wie ein untheilbarer leuchtender Punkt erscheint, sich in ein kreisförmiges Bild ausbreitet, wenn man dem Oculare eine andere Stellung giebt, als das deutliche Sehen erfordert. Je weiter das Ocular von seiner Normalstellung absteht, desto grösser und lichtschwächer wird das Bild. Für ungleich helle Sterne muss man daher das Ocular in ungleiche Entfernung von der Normalstellung bringen, um die Bilder in gleicher Flächenhelligkeit erscheinen zu lassen. Steinheil hat nun, um die Bilder zweier Sterne zugleich sehen und zu gleicher Flächen-

helligkeit bringen zu können, das Objectiv des Fernrohres in zwei gleiche Hälften getheilt, die sich nicht neben einander, wie am Heliometer (s. Art. Mikrometer. 3.), sondern längs ihrer gemeinschaftlichen Axe, jede für sich, verschieben lassen. Die Verschiebung lässt sich an einer Scala an der Aussenseite des Fernrohres scharf messen. Um von zwei Sternen das Licht auf das Objectiv fallen zu lassen, stehen vor demselben als Spiegel wirkende Glasprismen (s. Art. Prisma. A. 3.), von denen das eine vom Objectiv weiter absteht und um die Fernrohraxe messbar gedreht werden kann. Beim Beobachten wird das Fernrohr mit seiner Axe gegen den einen Pol des die Sterne verbindenden grössten Kreises gerichtet. Zwischen den Objectivhälften und den zu ihnen gehörenden Prismenspiegeln sind Diaphragmen angebracht, welche die Form eines rechtwinkeligen Dreiecks haben und vergrössert und verkleinert werden können, so dass man das Bild des Sternes in einer hellen Dreiecksfläche erhält.

Prismenstereoskop nennt Dove eine stereoskopische Vorrichtung (s. Art. Stereoskop), durch welche mit Hilfe von Prismen die beiden zusammengehörigen stereoskopischen Bilder zum Zusammenfallen gebracht werden. Dove hat mehrere Anordnungen angegeben. S. Poggend. Annal. Bd. 80. S. 446 und Bd. 83. S. 183. Das Linsen-Stereoskop von Brewster ist eigentlich auch ein Prismenstereoskop.

Probescheibchen, ein, nennt man eine kleine Kreisscheibe von Gold- oder Silberpapier oder von Flittergold an einem Schellackstäbchen zur Untersuchung electrischer Zustände. Vergl. Art. Electroskop.

Probirhähne sind zwei metallene Hähne zur Controlle des Wasserstandes in einem Dampfkessel (s. d. Art.). Diese Hähne sind in der oberen Kesselwand — bei stationären Kesseln oben oder seitwärts, bei Schiffen und Locomotiven an der Kopfplatte des Kessels — so angebracht, dass der untere stets Wasser, der obere stets Dampf bei Oeffnung desselben giebt. Ihr verticaler Abstand beträgt in der Regel 3 bis 4″, so dass die innere Mündung des Wasserhahnes 1 bis 2″ unter, des Dampfhahnes 1 bis 2″ über dem normalen Wasserstande liegt. Giebt der Wasserhahn Dampf, so muss sofort Wasser nachgefüllt werden. So weit soll es aber der Maschinenwärter eigentlich nicht kommen lassen, und deshalb bringt man wohl auch zwischen den beiden angegebenen Hähnen noch einen dritten an. Giebt dieser Hahn Dampf, der untere noch nicht, so ist es die rechte Zeit, Wasser nachzufüllen. Ist die Füllung so weit erfolgt, dass auch der Dampfhahn Wasser giebt, so hört man mit derselben auf.

Problem bezeichnet in der Physik eine noch streitige Frage. Es ist z. B. das Wesen der electrischen Erscheinungen noch ein Problem.

Procentaräometer nennt man ein Aräometer (s. d. Art.), welches den Gehalt eines bestimmten Stoffes in einer Flüssigkeit nach Procenten angiebt. Es gehören dahin z. B. die Alkoholometer nach Tralles

und Richter (s. Art. Alkoholometer), von denen jenes den procentischen Gehalt einer Spiritussorte an reinem Alkohol nach dem Volumen, dieses nach dem Gewichte anzeigt. Vergl. auch Salzwage im Art. Aräometer. S. 41.

Projectil ist ein Wurfkörper, z. B. die Kugel einer Kanone. Vergl. Art. Wurf.

Projection. } Die Projectionslehre oder descrip-
Projectionslehre. } tive, d. h. beschreibende Geometrie hat die Darstellung der Raumgebilde in einer Ebene zur Aufgabe und gründet sich auf die Methode der Projection. Die Projectionslehre hier in einem Abrisse abzuhandeln, kann nicht in Absicht sein; es kommt uns nur darauf an, das Wesen der Projection in der Kürze zu erläutern.

Wir unterscheiden an jedem Raumgebilde Elemente und nennen diese Punkte, Linien, Flächen. Meistens verfährt man nun, um die Projection eines Raumgebildes zu erhalten, so, dass man ausserhalb des Raumgebildes einen festen Punkt, den Projectionspunkt, annimmt und denselben mit allen Punkten des gegebenen Raumgebildes durch Strahlen (Projectionsstrahlen) verbindet. Nimmt man dann in einem jeden Strahle nach einem gewissen Gesetze einen zweiten Punkt an, so geben diese zweiten Punkte in ihrer Gesammtheit die Projection des Raumgebildes gemäss dem zu Grunde liegenden Gesetze. Je nach dem Gesetze wird die Projection verschieden ausfallen. Schneiden z. B. die zweiten Punkte gleichvielte Theile der Projectionsstrahlen ab und ist das Raumgebilde eine Statue, so erhält man die zweiten Punkte nicht in einer Ebene liegend und gewinnt ein Modell der Statue in denselben räumlichen Verhältnissen wie diese selbst. Eine nicht in einer Fläche liegende Projection kann man auch bei ungleichen Verhältnissen der Strahlentheilung erhalten, wie dies z. B. bei der Darstellung von Reliefs, z. B. bei den Brustbildern auf Münzen, der Fall ist. Bei Panoramen (s. d. Art.) liegt die Projection auf der Innenfläche eines Cylinders. In den meisten Fällen liegen aber die zweiten Punkte in einer Ebene, der sogenannten Projectionsebene, und dann nennt man die gewonnene Zeichnung eine perspectivische.

Diese letztere Projectionsmethode soll hier vorzugsweise in's Auge gefasst werden. Hier ist indessen wieder zu unterscheiden, ob der Projectionspunkt in endlicher oder in unendlicher Entfernung angenommen ist. Im ersten Falle nennt man die Projection eine Centralprojection, im letzteren eine Parallelprojection. Wir beschränken uns hier auf diese letztere. Vergl. Art. Perspective.

Die Parallelprojection ist entweder eine schiefe oder eine gerade, je nachdem die Projectionsebene die Strahlen unter einem schiefen oder rechten Winkel schneidet. Die erstere nennt man auch klinographische oder klinogonale Projection und die letztere orthographische oder orthogonale Projection.

Betrachten wir nun die geraden Projectionen der Elemente eines Raumgebildes, so versteht man unter der Projection eines Punktes den Fusspunkt eines Perpendikels, welches von dem Punkte auf die Projectionsebene gefällt ist. Dies versteht man übrigens unter der Projection eines Punktes jedesmal, wenn keine nähere Bezeichnung der Projectionsmethode angegeben ist; es ist dies also die Projection eines Punktes schlechthin. Wir bemerken hier nur noch, dass die Projection eines Punktes auf die Ebene stets durch den Punkt selbst bestimmt ist, aber nicht umgekehrt der Punkt durch die Projection. Zu letzterer Bestimmung fehlt noch die Höhe des Punktes über der Ebene, d. h. der Abstand des Punktes von dem Projectionspunkte gemessen auf der projicirenden Linie, also in unserem Falle auf dem Perpendikel, und die Angabe, auf welcher Seite der Ebene der Punkt liegt.

Bei der Projection einer Linie würde man zu unterscheiden haben, ob diese Linie gerade oder krumm ist, und im letzteren Falle wieder, ob alle Punkte derselben in einer Ebene liegen oder nicht. Bei der geraden Linie könnte man unterscheiden, ob sie beiderseits begrenzt, also eine Strecke ist, oder ins Unendliche verläuft, d. h. ob es nur auf ihre Richtung ankommt, wie bei dem Strahle; in beiden Fällen reicht aber die Projection zweier Punkte aus, falls man nur bei der Strecke diejenigen der Endpunkte nimmt. Die Projection einer geraden Linie auf eine Ebene ist wieder eine gerade Linie, wenn dieselbe nicht in der Richtung des Projectionsstrahles liegt, in welchem Falle sie nur als Punkt sich ergiebt. Es ist nun zwar die Projection einer geraden Strecke durch diese bestimmt, aber nicht umgekehrt die Strecke durch die Projection. Es kann nämlich die Strecke in der Projectionsebene selbst liegen, oder auch dieser parallel laufen, oder diese — wenn auch nur in der Verlängerung — schneiden. In Bezug auf den letzten Fall bemerken wir nur noch, dass man den Durchschnittspunkt der Geraden mit der Projectionsebene den Durchgang der Geraden nennt.

Soll eine ebene Figur projicirt werden, so ist zu unterscheiden, ob dieselbe in der Projectionsebene liegt, in welchem Falle die Figuren der Projection und der zu projicirenden Figur identisch werden, oder ob dieselbe der Projectionsebene parallel liegt, in welchem Falle man eine der zu projicirenden Figur congruente Projection erhält, oder ob die ebene Figur — wenn auch nur in der Verlängerung — die Projectionsebene schneidet, in welchem Falle die Projection der zu projicirenden Figur nur verwandt wird. Steht in diesem letzten Falle die ebene Figur senkrecht auf der Projectionsebene, so erhält man als Projection nur eine gerade Strecke; andernfalls sucht man die Projectionen der die Figur begrenzenden Linien.

Soll nun durch die Projection rückwärts das Projicirte bestimmt sein, so reicht eine Projection nicht aus und man nimmt daher gleichzeitig zwei Projectionen auf zwei verschiedenen nicht parallelen Ebenen,

die gewöhnlich senkrecht zu einander gewählt werden, und zwar die eine horizontal und die andere vertical. Die horizontale Projection nennt man dann den Grundriss und die verticale den Aufriss oder Standriss. Sollten zwei Projectionen noch nicht ausreichend erscheinen, so nimmt man noch eine dritte Ebene zu Hilfe, die gewöhnlich auf den beiden ersten senkrecht steht und die sogenannte Seitenansicht oder das Profil liefert.

Durch diese Projectionen, also durch Zeichnungen Raumgebilde zu bestimmen, ist nun Aufgabe der Projectionslehre oder der beschreibenden Geometrie. Kommt es aber darauf an, die bestimmenden Grössen aus den gegebenen Abständen von den Projectionsebenen zu berechnen, so ist dies Sache der analytischen Geometrie oder Coordinaten-Theorie; die Anwendung dieser mathematischen Disciplinen aber auf die vorliegende Aufgabe bezeichnet man gewöhnlich als Axonometrie. Ohne hierauf weiter einzugehen, da dies ausserhalb unseres Planes liegt, bemerken wir nur, dass die allgemeine Lösung der hier in Rede stehenden Aufgaben auf Vereinfachungen hinweist, die in der Praxis von schätzbarem Werthe sind. Auf diese Weise ist Farisch zu der sogenannten isometrischen oder isoperimetrischen Perspective gekommen, die beim Maschinenzeichnen gute Dienste leistet. Der Projectionspunkt liegt in diesem Falle unendlich weit, aber die Lage ist durch die Richtung bestimmt, welche mit den drei Hauptaxen des abzubildenden Gegenstandes gleiche Winkel einschliesst (s. Art. Isometrische Projection). — Eine andere Art, bei welcher der Projectionspunkt ebenfalls unendlich weit, aber vertical über der horizontalen Projectionsebene liegt, heisst die Vogel-Perspective oder bei allgemeiner Annahme des Projectionspunktes senkrecht zur Projectionsebene die orthographische Projection. Es erscheinen hierbei alle im Urbilde parallele Linien auch in der Abbildung parallel, da die von dem Auge nach den einzelnen Punkten des Gegenstandes gedachten Linien unter sich parallel laufen. — Eine Abänderung der isometrischen Perspective hat 1844 Weisbach in der monodimetrischen oder disisometrischen Perspective aufgestellt, bei welcher die Richtungslinie des Projectionspunktes nur mit zwei Hauptaxen gleiche Winkel bildet. — Der Fall, in welchem die Richtungslinie mit den drei Hauptaxen verschiedene Winkel bildet, giebt die anisometrische Perspective.

Bei der Zeichnung von Landkarten benutzt man verschiedene Projectionsmethoden. Denkt man sich an einen Punkt der Erde eine berührende Ebene gelegt und auf diese von den betreffenden Stellen der Erdoberfläche Perpendikel gefällt, so erhält man ein Bild nach der Vogelperspective oder orthographischen Projection. Ist der Berührungspunkt ein Pol, so heisst die Projection auch die orthographische Polarprojection. — Legt man den Projectionspunkt in einen Punkt der

Erdoberfläche, welcher dem zu entwerfenden Theile gerade gegenüberliegt, und steht die Projectionsebene auf dem Durchmesser des Projectionspunktes senkrecht, so erhält man die *stereographische* Projection. — Zeichnet man die Meridiane als unter sich parallele Linien und ebenso die Parallelkreise, so dass Parallelkreise und Meridiane Rechtecke in der Art bilden, dass die Grade der Parallelkreise einander gleich bleiben, während die Grade der Meridiane in dem Masse wachsen, als die Parallelkreise auf der Kugeloberfläche abnehmen, so erhält man *Mercator's* Projection. Namentlich Seekarten entwirft man häufig nach dieser Methode und nennt dieselben dann *reducirte*. Eine Loxodrome (s. d. Art.) erscheint auf diesen Karten als gerade Linie. — Vergl. auch Art. *Perspective* und *Kegelprojection*.

Projector, *Schleuderer*, nennt man eine Vorrichtung, durch welche ein Gegenstand fortgeworfen wird, z. B. bei manchen Feuerungen die Vorrichtung, durch welche neues Brennmaterial auf den Heerd geschleudert wird.

Prony's Zaum oder *Bremsdynamometer*, s. Art. *Dynamometer*. S. 234.

Propeller d. h. Forttreiber, nennt man auch die Schiffsschraube (s. d. Art.).

Protectoren, *Beschützer*, hat man die Zinkplatten genannt, welche an Schiffen zum Schutze des Kupferbeschlages gegen das Rosten angebracht werden. Vergl. Art. *Galvanismus*. C. S. 370.

Protuberanzen nennt man bei totalen Sonnenfinsternissen Hervorragungen an mehreren Stellen des inneren Randes der *Corona*, vorherrschend in rothem Lichte (rosa bis violett) und von bestimmter (zacken-, wolken- oder flammenförmiger) Gestalt. Nach den neuesten Ergebnissen (s. Art. *Sonnenfinsterniss* und *Sonne*) sind die Protuberanzen wolkenartige Niederschläge in dem niederen Theile der Sonnenatmosphäre, die geringere Temperatur und Leuchtkraft als der Sonnenkörper selbst besitzen und sich bei starker Blendung auf der Sonnenscheibe als schwarze Flecke projiciren. Es unterliegt jetzt wohl keinem Zweifel mehr, dass sie mit den Sonnenflecken identisch sind, und daher haben die Sonnenflecke in der äusseren Sonnenfläche ihre Stelle, was für die Beurtheilung der physischen Beschaffenheit der Sonne von besonderer Wichtigkeit ist. Vergl. Art. *Sonne*.

Prüfungsscheibe nennt man sonst auch Probescheibchen (s. d. Art.).

Pseudoblepsie bedeutet Falschsehen (s. d. Art.).

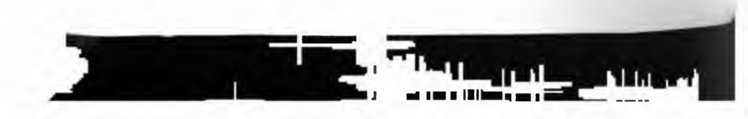
Pseudokrystall oder *Afterkrystall* heisst eine äusserlich krystallinisch gestaltete Masse ohne krystallinisches Gefüge oder mit einem Gefüge, welches der äusseren Form nicht entspricht, z. B. Manganerz in der Form von Kalkspath. Befand sich nämlich ein Krystall in einer Umhüllung und wurde derselbe durch irgend einen Umstand ent-



fernt, so konnte die leere Form durch eine neue Substanz erfüllt werden, welche nun äusserlich die Gestalt des verschwundenen Krystalles annahm, ohne dass ihr dieselbe von Natur zukam. Doch können Pseudokrystalle auch dadurch entstehen, dass sich ein neuer Stoff rindenartig um Krystalle anlegte, ohne dass eine Formänderung stattfand, z. B. Calcedon über Quarz. Vergl. den folgenden Artikel.

Pseudomorphosen, d. h. unächte Gestaltungen, sind Krystallgebilde von einer Form, welche dem Stoffe eigentlich nicht zukommt, die Bildungsweise ist aber eine andere als bei den Pseudokrystallen (s. d. Art.). Wird nämlich einem Stoffe einer seiner chemischen Bestandtheile auf irgend eine Weise entzogen oder tritt ein neuer hinzu, so kann es kommen, dass der neue Stoff die des zerstörten behält. Breithaupt scheint der Erste gewesen zu sein, der auf diese Umbildung aufmerksam geworden ist. Arragonitkrystalle können z. B. durch Hitze bis zum beginnenden Glühen in Kalkspath-Pseudomorphosen übergehen. Vergl. auch Art. Paramorphose.

Pseudoskopisch heisst eine Erscheinung, wenn Gegenstände in Rücksicht ihrer Grösse und Gestalt anders erscheinen, als sie wirklich sind. Im Art. Nebel (zu Ende von A.) ist ein Beispiel angeführt, bei welchem sich die Erscheinung daraus erklärt, dass man sich eine falsche Vorstellung von dem Gesehenen macht. In anderen Fällen ist die Erklärung in einer Veränderung der Accommodation des Auges oder des Convergenzwinkels beider Sehaxen zu suchen. Ein Gegenstand erscheint z. B. kleiner, wenn das Auge sich für die Nähe accommodirt, obgleich die Grösse des Netzhautbildes dieselbe bleibt. Sieht man in eine Kerzenflamme, bis man ein Nachbild derselben erhält, und accommodirt das Auge für die Ferne und darauf für die Nähe, so ändert sich die Grösse des Nachbildes und es erscheint beim Uebergange zum Nahesehen kleiner. Es beruht dies darauf, dass kleine nahe Gegenstände das Auge nöthigen, sich für die Nähe zu accommodiren und dass daher die Vorstellung einer kleineren Entfernung auch die Vorstellung eines kleineren Gegenstandes hervorruft. — Hat man keinen Anhalt zur Bestimmung der Entfernung, so kann man eine Fliege auf einer Fensterscheibe für einen in der Luft schwebenden Vogel halten, namentlich wenn das Bild der Fliege nicht deutlich ist, so dass man mit demselben leicht eine andere Vorstellung verknüpfen kann. — Dove (Poggend. Annal. Bd. 101. S. 302) hat die pseudoskopischen Erscheinungen übersichtlich geordnet und in monoculare und binoculare unterschieden. Wir führen hier nur ein auffallendes Beispiel an. Stellt man vor einem metallenen Hohlspiegel einen Ring so auf, dass man mit beiden Augen sein vergrössertes Bild mit dem Ringe selbst concentrisch erblickt, aber dies dem Auge näher liegt, und schliesst man dann das eine Auge, so stülpt sich der vorher gesehene abgekürzte Kegel, dessen Grundfläche das Bild, dessen Schnittfläche der



Ring ist, so um, dass man nun auf seine Schnittfläche sieht, während vorher seine Grundfläche dem Auge zugekehrt erschien.

Psychophysik ist die exacte Lehre von den Beziehungen zwischen Leib und Seele. Diese Wissenschaft ist noch neu und Fechner's Werk „Psychophysik" der erste Schritt zu derselben. Wir müssen uns hier begnügen, auf die bedeutende Schrift verwiesen zu haben.

Psychrometer oder Feuchtigkeitskältemesser, s. Art. Hygrometer. 3.

Pterophor ist eine Bezeichnung für die archimedische Schraube als Fortbewegungsmittel der Schiffe. S. Art. Dampfschiff. S. 200 und Schiffsschraube.

Pulshammer oder Franklin'sche Röhre. An eine $^1/_2$ bis 1 Linie weite Glasröhre bläst man in einem Abstande von etwa 12 Zoll zwei Kugeln von etwa 1 Zoll Durchmesser und biegt dieselbe in einer Entfernung von etwa 4 Linien von jeder Kugel rechtwinkelig um, so dass die Kugeln nach derselben Seite hin liegen; die eine Kugel lässt man noch offen oder bringt in der Mitte der Röhre noch eine offene Röhre an und füllt durch Erwärmung so viel Spiritus ein, dass jede Kugel über die Hälfte voll ist; hierauf treibt man die Luft aus dem Innern aus, indem man den Spiritus so lange kocht, bis derselbe so weit abgenommen hat, dass er in eine Kugel gebracht diese nur etwa zur Hälfte füllen würde, und verschliesst. Den so hergerichteten Apparat nennt man Pulshammer.

Hält man die Röhre geneigt, so dass der Spiritus in eine Kugel fliesst, und legt dann die warme Hand auf den nicht mit Spiritus gefüllten Theil dieser Kugel, während die Röhre horizontal mit aufwärts gerichteten Kugeln liegt, so strömt die Flüssigkeit in die andere Kugel, ein Flüssigkeitsstrahl drängt sich durch, die Flüssigkeit kommt in wallende Bewegung, wie beim Kochen, und ist alle Flüssigkeit übergetreten, so macht sich in der Hand, welche auf der Kugel liegt, ein Gefühl von Kälte bemerkbar. — Diese Erscheinungen erklären sich daraus, dass durch die Wärme der Hand der in der angefassten Kugel enthaltene Spiritus verdunstet und die Dünste ausgedehnt werden; die sich immermehr ausdehnenden Dünste drängen die Flüssigkeit nach der anderen Kugel und zwar um so heftiger, je höher die Temperatur und die dadurch herbeigeführte Verdunstung und Ausdehnung ist; da der Apparat luftleer ist, so kann die Flüssigkeit ungehindert in die andere Kugel treten, und ist bereits die Kugel zum Theil erfüllt, so dringt aus der Röhre ein Flüssigkeitsstrahl hervor und hebt die Flüssigkeit empor; ist sämmtliche Flüssigkeit übergetreten, so bahnen sich die noch nachdrängenden Dünste einen Weg durch die Flüssigkeit und erregen eine wallende Bewegung; ist die Flüssigkeit aus der von der Hand erfassten Kugel herausgedrängt, so ist die Innenfläche der Kugel noch nass, und da diese Flüssigkeitsschicht nun auch noch verdunstet, so erregt dies das Gefühl

der Kälte, da die zum Verdunsten erforderliche Wärme der Hand entzogen wird.

In manchen Beziehungen dem Pulshammer ähnlich ist der Wasserhammer (s. d. Art.).

Pumpe nennt man eine Maschine, durch welche eine Flüssigkeit nach einem höher gelegenen Punkte geschafft werden soll. Man unterscheidet Centrifugalpumpen und Kolbenpumpen. Die ersteren sind in dem betreffenden Artikel erläutert, und daher beziehen wir uns hier nur auf die letzteren. Bei diesen unterscheidet man wieder: Saugpumpen, Druckpumpen und Saug-Druckpumpen. Allen gemeinschaftlich ist der Kolben, ein gewöhnlich kurzer cylindrischer Körper, der an einer längeren Stange, der Kolbenstange, sitzt und mittelst derselben im Inneren einer Röhre, Kolbenröhre oder Pumpenstiefel genannt, an deren Wandung er sich so eng als möglich anschliesst, hin- und herbewegt werden kann. Ferner findet sich bei allen unterhalb der Kolbenröhre eine bisweilen nur wenige Zoll lange, aber bei Wasser niemals über 28 Fuss hohe Röhre, welche Saugröhre oder Saugrohr heisst, und mit dem unteren Ende in der Flüssigkeit steht, welche empor gefördert werden soll. Die Saugröhre steht entweder unten auf und ist an den Seiten mit Oeffnungen versehen, oder das Ende steht nicht auf dem Boden des Flüssigkeitsbehälters auf und gestattet so durch die Oeffnung der Flüssigkeit den Eintritt. Am oberen Ende der Saugröhre, schon im Innern des Stiefels, ist ein nach oben sich öffnendes Ventil angebracht, welches Saugventil oder auch Bodenventil heisst.

a) Bei der Saugpumpe, auch Hebepumpe genannt, ist der Kolben durchbohrt und über der Durchbohrung ein die Oeffnung schliessendes, sich nach oben öffnendes Ventil, das sogenannte Kolbenventil, angebracht. Die Kolbenstange wird gewöhnlich durch einen zweiarmigen Hebel, den Schwengel, — bei kleinen Pumpen durch einen blossen Handgriff — bewegt, und oberhalb der höchsten Kolbenstellung ist ein Ausflussrohr. Die Wirkungsweise dieser Pumpe ergiebt sich aus Folgendem.

Giesst man bei einer neuen Pumpe etwas Wasser oben in die Kolbenröhre und bewegt den Kolben empor, so wird sich die zwischen den beiden Ventilen befindliche Luft ausdehnen. Die in der Saugröhre befindliche Luft nimmt an dieser Verdünnung nicht Theil, drückt also von unten auf das Saugventil stärker, öffnet dadurch dasselbe und strömt nun in den Stiefel. Hierdurch wird die Luft in der Saugröhre ebenfalls verdünnt und folglich drückt die Luft in dem Flüssigkeitsbehälter die Flüssigkeit in der Saugröhre empor. So lange der Kolben noch emporgezogen wird, findet auch das Offenstehen des Saugventils statt; sowie man aber mit dem Emporziehen still hält, fällt das Ventil durch sein eigenes Gewicht zu. Wird jetzt der Kolben wieder abwärts bewegt, so

wird die Luft zwischen beiden Ventilen zusammengedrückt; das Kolbenventil erhält von unten einen stärkeren Druck als von oben, öffnet sich und ein Theil der Luft zwischen beiden Ventilen entweicht durch die Kolbenröhre. Steht der Kolben still, so schliesst sich das Kolbenventil wieder durch sein eigenes Gewicht. Zieht man den Kolben jetzt wieder empor, so wiederholt sich derselbe Vorgang; ebenso beim Herabdrücken des Kolbens; es wird also die Flüssigkeit in der Saugröhre immer höher durch die Luft emporgedrückt und endlich bis über das Saugventil steigen. Drückt man jetzt den Kolben bis in das Wasser über dem Saugventile, so wird alle Luft aus dem Raume zwischen beiden Ventilen entfernt, ein Theil des Wassers geht sogar durch das Kolbenventil und wird durch dieses, sobald der Kolben still steht, abgesperrt. Zieht man jetzt den Kolben empor, so entsteht unter dem Kolbenventile ein leerer Raum und die Flüssigkeit wird durch die äussere Luft bis zum Kolben emporgetrieben. Drückt man den Kolben wieder herab, so dringt noch mehr Flüssigkeit über das Kolbenventil und es sammelt sich endlich in dem Stiefel soviel an, dass dieselbe schliesslich aus dem Ausflussrohre abfliesst. Ist die Pumpe einmal im Gange, so giebt sie dann bei jedesmaligem Emporheben des Kolbens Flüssigkeit. — Da die Flüssigkeit durch den Druck der äusseren Luft emporgetrieben wird, so richtet sich die Höhe der Saugröhre oder eigentlich die höchste Stelle des Kolbens nach der Höhe, bis zu welcher die betreffende Flüssigkeit von der Luft im leeren Raume emporgedrückt werden kann. Es beträgt dies bei Wasser etwa 32 Fuss und daher macht man die Saugröhre höchstens 28 Fuss lang. — Da die Kraft besonders beim Heben der Flüssigkeit, welche über dem Kolben sich angesammelt hat, wirksam sein muss, so wendet man als Schwengel einen zweiarmigen Hebel an. — Vergl. Art. Barometer. S. 70.

b) Die Druckpumpe hat kein Kolbenventil, sondern einen massiven Kolben; dafür geht aber dicht über dem Saugventile seitlich von dem Stiefel ein Rohr ab, welches Steigrohr heisst und ein sich nach oben öffnendes Ventil, das sogenannte Steigventil, enthält. — Das Spiel dieser Pumpe ist im Wesentlichen dasselbe wie bei der Saugpumpe; der Unterschied ist nur der, dass die über das Saugventil gestiegene Flüssigkeit beim Heruntergehen des Kolbens nicht durch den Kolben geht, sondern in das Steigrohr gepresst wird. — Da hiernach die grösste Kraftäusserung beim Herabdrücken des Kolbens eintreten muss, so wird der Schwengel als einarmiger Hebel eingerichtet. Vergl. überdies Art. Druckpumpe.

c) Die Saug-Druckpumpe ist eingerichtet wie die Saugpumpe, aber der Stiefel ist oberhalb des Kolbens geschlossen, die Kolbenstange geht durch eine Stopfbüchse und aus diesem Raume oberhalb des Kolbens geht das Steigrohr ab. Diese Pumpe hat also Saugventil, Kolbenventil und Steigventil, jedoch kann das letztere auch fehlen.

d) Diese Pumpen fördern die Flüssigkeit nur bei der Bewegung des Kolbens in der einen Richtung, da sie während der anderen saugen. Um diese Unterbrechung zu beseitigen, hat man verschiedene Einrichtungen getroffen. Kommt es nur darauf an, einen anhaltenden Flüssigkeitsstrahl zu gewinnen, so bringt man mit der Pumpe einen Heronsball, der dann den Namen Windkessel erhält, in Verbindung (s. Art. Heronsball). Das Sprungrohr des Heronsballes vertritt hier die Stelle des Steigrohres einer Druckpumpe oder Saug-Druckpumpe. Diese Einrichtung findet sich namentlich bei den Feuerspritzen (s. d. Art.), bei denen ausserdem gewöhnlich zwei Druckpumpen vorhanden sind, welche abwechselnd den Windkessel speisen. — Eine andere Einrichtung zu ununterbrochener Flüssigkeitshebung hat Althans in der Perspectivpumpe (s. d. Art.) zur Ausführung gebracht. — Bereits 1716 erreichte de Lahire den angegebenen Zweck durch dieselbe Einrichtung, nach welcher das Cylindergebläse (s. d. Art.) construirt ist. — Taylor hat eine Pumpe mit zwei Kolbenstangen in Vorschlag gebracht. Die Stange des unteren Kolbens geht durch den oberen Kolben und dient zugleich dem hier angebrachten Ventile zur Führung. Beide Stangen sind im oberen Theile gezahnt und werden beide durch ein Stirnrad so in Bewegung gesetzt, dass abwechselnd der eine Kolben auf- und niedergeht, wodurch der jedesmal aufsteigende Kolben zugleich saugt und hebt.

e) Eine Hauptsache bei allen diesen Pumpen ist ein genauer Anschluss des Kolbens an die Stiefelwandungen, ohne jedoch dadurch die Beweglichkeit desselben zu sehr zu hindern. Meistens benutzt man hierzu die sogenannte Stulp- oder Kappenliderung. Das Wesentliche derselben ist eine besonders zubereitete Lederkappe, welche um einen cylindrischen oder conischen (kegelförmigen) Kern gelegt wird und über denselben mit ihrem Rande hervorragt. Steigt der Kolben empor, so wird der Lederrand durch den Wasserdruck gegen die Stiefelwände gepresst. Bei Druckkolben bringt man den überspringenden Rand auf der unteren Fläche des Kernes an; man benutzt wohl auch Kolben mit doppelter Lederkappe, von denen die eine nach oben und die andere nach unten vorspringt. — Eine andere Art ist die Hentschel-Reichenbach'sche Liderung. Der Kern ist von Metall und hat auf der Oberfläche ringförmige Nuthen, in welche Lederstreifen gelegt werden, so dass sie aus den Nuthen hervorragen. Von der Fläche her, auf welche die Flüssigkeit drückt, gehen nun Canäle durch den Kern zu den Nuthen und daher werden die Lederstreifen durch die Flüssigkeit gegen die Wandungen gepresst. — Bei Druckpumpen wendet man auch den Bramahkolben oder Taucherkolben an (s. Art. Bramah'sche Presse), bei welchem die Kolbenstange selbst als Kolben wirkt und die Stopfbüchse, durch welche dieselbe geht, als Liderung wirkt. — Vergl. überdies Art. Kolben.

f) Auf andere Principien sich gründende Pumpen mögen hier wenigstens eine kurze Erwähnung finden. Die Sackpumpe hat an der Stelle des Kolbens einen ledernen Sack, der abwechselnd zusammengepresst und ausgedehnt wird, so dass sie wie ein Blasebalg arbeitet. — Die Bramah'sche Pumpe hat einen oscillirend rotirenden Kolben in einem horizontal liegenden Cylinder, an welchen sich unten das Saugrohr, oben das Steigrohr anschliesst. Der Kolben besteht aus einer ebenen rechteckigen Platte mit zwei sich nach oben öffnenden Ventilen und das Saugrohr trägt ebenfalls zwei Ventile, während es selbst in einer Fläche bis zur Axe des Kolbens reicht und so den cylindrischen Raum theilt. Der Cylinder wird auf diese Weise in drei Abtheilungen getheilt, von denen bei der Oscillation des Kolbens sich stets zwei verkleinern und die eine (saugende) vergrössert. — Repsold hat zweikolbige Rotationspumpen construirt, die sich besonders an Feuerspritzen wirksam erwiesen haben (s. Art. Spritze). — Wegen der Centrifugalpumpe verweisen wir nochmals auf den betreffenden Artikel.

Pumpe, Mollet's, s. Art. Feuerzeug, pneumatisches.

Pumpenstiefel, s. Art. Pumpe.

Punkt, archimedischer, s. Art. Hebel. S. 437.

Punkte, todte, heissen die beiden Stellen bei einer Kurbelbewegung, an welchen die bewegende Kraft aus Zug in Druck und umgekehrt übergeht. S. Art. Rad an der Welle. Das Schwungrad wird bei vielen Maschinen namentlich zur leichteren Ueberwindung der todten Punkte angebracht. Vergl. Art. Locomotive. S. 45.

Punktsystem nennt man zum Unterschiede von einer Punktreihe einen Complex oder ein System von Punkten, die einen Raum ausfüllen. Jedes Punktsystem kann man als aus Punktreihen zusammengesetzt ansehen, die man erhält, wenn man durch einen Punkt nach allen möglichen Richtungen des Raumes gerade Linien legt. Diese Linien laufen dann von dem Punkte aus wie Radien einer Kugel von dem Mittelpunkte und jeder dieser unendlich vielen Radien stellt eine Punktreihe dar. Sind die Punkte so vertheilt, dass die Abstände derselben in den einzelnen Richtungen, also auf der ganzen Länge der Radien überall gleich sind, und ist überdies die Elasticität an allen Stellen der einzelnen Punktreihen dieselbe, so nennt man das System ein homogenes. Ein homogenes Punktsystem kann aber wieder entweder isotrop oder anisotrop sein. Ein System heisst isotrop, wenn in demselben die Abstände der einzelnen Punkte von einander und die Kräfte, welche sie im Gleichgewichte halten, nicht nur auf der ganzen Länge der einzelnen Radien gleich sind, sondern wenn dieselben auch zugleich auf allen Radien gleich sind, welche man durch irgend einen Punkt des Systems legen kann, oder wenn bei einer Verschiedenheit der Abstände der einzelnen Punkte in verschiedenen Richtungen die Elasticität in eben demselben Verhältnisse geändert ist. Andernfalls ist das System anisotrop.

— Es ist dieser Unterschied der Punktsysteme namentlich bei der Wellenbewegung, also auch in der Optik, von besonderer Bedeutung.

Pupille oder Augenstern oder Sehe, s. Art. Auge. Wir bemerken hier noch, dass bei der Accommodation für die Nähe, also beim Nahesehen, die Pupille unter Vorrücken des Pupillenrandes enger wird. Dies Engerwerden hängt wohl mit der Zunahme der Convergenz der Sehaxen zusammen, d. h. mit der stärkeren Richtung der Augenaxen nach einwärts.

Puppe, chinesische oder Treppenläufer, s. Art. Burzelmännchen.

Puppentanz ist eine electrische Spielerei wie der Erbsentanz. Man fertigt sich Kugeln und kleine Puppen aus Hollundermark an, legt diese auf eine Metallplatte, welche mit der Erde in leitender Verbindung steht, und bringt parallel über der Platte in einem Abstande von einigen Zollen eine leitende Platte (z. B. Electrophordeckel) an, die mit dem Conductor der Electrisirmaschine leitend verbunden ist. Setzt man die Electrisirmaschine in Thätigkeit, so hüpfen die Kugeln und Püppchen zwischen den Platten hin und her. Die obere Platte wird ebenso electrisch wie der Conductor, zieht die Körperchen an und stösst sie nach der Berührung als gleichartig electrisch geworden ab. Berühren die abgestossenen Körper die untere Platte, so verlieren sie wegen der Leitung zur Erde ihre Electricität und werden nun als unelectrisch wieder angezogen und darauf wieder abgestossen. Es ist zweckmässig die Platten an den Seiten mit Glasscheiben zu umstellen, die zu je zwei durch Leder verbunden sind, weil sonst die Körperchen leicht heraushüpfen. — Mit Papierschnitzeln gelingt der Versuch, wenn man eine eingerahmte Glasscheibe mit Seide reibt und die Schnitzel unter dieselbe bringt. Vergl. auch Art. Sandwirbel, electrischer.

Purga nennt man in Kamtschatka Schneestürme.

Purzelmann, s. Art. Burzelmann.

Pyknometer oder Tausendgranfläschchen nennt man ein Glasfläschchen, welches genau 1000 Gran destillirtes Wasser von einer bestimmten Temperatur fasst. Entweder passt in den Hals ein genau eingeschliffener Glasstöpsel, oder zweckmässiger wird der obere Rand abgeschliffen und mit einem eben abgeschliffenen Glasscheibchen bedeckt. Dieses Fläschchen benutzt man zur Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. Man füllt das Fläschchen mit der betreffenden Flüssigkeit vollständig, schiebt das Glasscheibchen auf, trocknet sorgfältig ab und bestimmt nun das Gewicht mittelst einer feinen Waage nach Granen. Subtrahirt man von dem Gewichte das Gewicht des leeren Fläschchens, welches gewöhnlich auf demselben eingravirt ist, so dass man dasselbe durch eine besondere Abwägung zu bestimmen nicht gezwungen ist, und dividirt den Rest durch 1000, indem

man die drei letzten Ziffern als Decimalstellen abschneidet, so erhält man das specifische Gewicht, da man das absolute Gewicht der Flüssigkeit durch das absolute Gewicht eine Wassermasse von demselben Volumen gemessen hat. Vergl. Art. Gewicht, specifisches.

Pyrheliometer ist wie das Aktinometer (s. d. Art.) ein Instrument zur Messung der Intensität der Sonnenstrahlung. Pouillet hat (Poggend. Annal. Bd. 45) ein directes Pyrheliometer und ein Linsenpyrheliometer (s. d. Art.) angegeben. Aus Pyrheliometermessungen ist berechnet worden, dass die Wärmestrahlung der Sonne in 24 Stunden auf der Erde eine Wärmemenge giebt, welche im Stande sein würde, 92 Billionen 601000 Millionen Cubikmeter Eis zu schmelzen oder 10 Billionen 851662 Millionen Cubikmeter Wasser von 0° C. in Wasserdampf von 100° C. zu verwandeln. — Nach Beobachtungen von O. Hagen, welche dieser in Madeira angestellt hat, beträgt die Sonnenwärme, bevor sie beim Durchgange durch die Atmosphäre geschwächt wird, soviel, dass der 1 Minute lang auf 1 rh. Quadratzoll Oberfläche getroffene Cbkzoll Wasser um 0°,733 C. erwärmt würde; aber nach Pouillet um 0°,674 C.

Pyroelectricität oder Krystallelectricität, s. Art. Thermoelectricität.

Pyrometer sind Instrumente, um Hitzegrade, welche vermittelst der gewöhnlichen Thermometer nicht mehr gemessen werden können, auf eine vergleichbare Weise zu bestimmen. Die Principien, auf welche sich die Pyrometer gründen, sind sehr verschieden. Ausser der Volumenveränderung der Körper, welche den gewöhnlichen Thermometern zu Grunde liegt, hat man das Schwinden mancher Körper bei steigender Wärme benutzt, ferner die Aggregatsänderungen, das Wärmeleitungsvermögen, die Wärmecapacität, die Farbenänderungen, die Wärmestrahlung, die electrischen Strömungen.

Aus der Farbe des Eisens schliesst der Schmied, der Schlosser etc., ob das Eisen die nöthige Hitze hat. Die Farbe des Stahls beim Anlaufenlassen ist ein Anhalt für die Temperatur, welcher er ausgesetzt ist; vergl. Art. Anlassen des Stahls. Der Fabrikant irdener Geschirre achtet auf die Farbe des Feuers im Brennofen. Der Silberblick ist dem Hüttenmanne ein Anzeichen der Scheidung des Silbers etc. Das Princip ist praktisch, giebt aber kein vergleichbares Pyrometer.

Die Wärmestrahlung ist von Sweeny (s. Poggend. Annal. Bd. 14. S. 530) ohne Erfolg in Vorschlag gebracht worden.

Das Wärmeleitungsvermögen würde brauchbar sein, wenn das Gesetz des Fortschreitens der Erwärmung in einem langen Körper, z. B. in einer Metallstange nicht durch unvermeidliche Wärmeverluste gestört würde.

Auf die Aggregatsänderungen basirte Prinsep ein Pyrometer, bei welchem die Schmelzpunkte des Silbers, Goldes und Platins

die fixen Punkte der Scala abgaben und die Zwischengrade durch die Schmelzpunkte von Legirungen dieser Metalle gewonnen wurden. Die Probestoffe kamen in der Grösse eines Stecknadelknopfes einzeln in kleine Kapellen (Tiegel).

Auf die Wärmecapacität gründet sich die Benutzung des Calorimeters von Lavoisier (s. Art. Calorimeter. S. 134) als Pyrometer, also die Eisschmelzmethode. Da zum Schmelzen von 1 Pfund Eis von 0° C. ein Pfund Wasser von 79° C. erforderlich ist, so giebt $T = \frac{79 . E}{MW}$ die Temperatur eines Körpers von M Pfund, dessen specifische Wärme W ist, wenn derselbe E Pfund Eis geschmolzen hat. Das Verfahren ist indessen nicht allgemein praktisch. — Bequemer wäre die Mischungsmethode. Wenn zwei Körper von dem Gewichte M und m, der Temperatur T und t, der specifischen Wärme W und w mit einander gemischt, oder falls der eine fest ist, dieser in den flüssigen eingetaucht wird, so ist nach eingetretenem thermometrischen Gleichgewichte die Temperatur $x = \frac{MTW + mtw}{MW + mw}$ und folglich, wenn x durch Versuche bestimmt wird, aber T unbekannt ist, $T = x + \frac{mw\,(x - t)}{MW}$ und bei Mischung mit Wasser $T = x + \frac{m\,(x - t)}{MW}$. Macht man nach der Mischungsmethode zwei Beobachtungen der Mischtemperatur und war bei der ersten die Temperatur des eingetauchten Körpers bekannt, so kann man sogar die bei der zweiten Beobachtung berechnen, ohne die gebrauchten Massen und die specifischen Wärmen zu kennen. Es ist nämlich

$$T_2 = \frac{x_2\,(T_1 - t_1) - t_2\,(T_1 - x_1)}{x_1 - t_1}.$$

Das Schwinden, Zusammenziehen bei gesteigerter Wärme, hat Wedgwood benutzt. Er liess Cylinder aus geschlemmtem und gehörig durchgeknetetem Thone zunächst an der Luft und dann auf bei Tage rothglühendem Eisen trocknen; hierauf schliff er sie soweit ab, bis ihr Durchmesser noch $^1/_2$ Zoll betrug. Auf einer massiven Messingplatte von etwas über 12 Zoll Länge und etwa $2^1/_2$ Zoll Breite wurden zwei Messingleisten von 12 Zoll Länge aufgelöthet, die an dem einen Ende $^5/_{10}$, an dem anderen $^3/_{10}$ Zoll von einander abstanden und der Länge nach in 240 gleiche Theile getheilt waren. Die der zu messenden Hitze ausgesetzt gewesenen Cylinder wurden nach dem Erkalten zwischen die Leisten geschoben, und die Stelle, bis zu welcher dies möglich war, bezeichnete den Hitzegrad. Wedgwood fand seinen Nullpunkt mit 1077° F. = 580°,5 C. stimmend und 1° W. entsprechend 132° F. = $73^1/_3$° C. Er selbst hat viele Versuche angestellt und fand namentlich folgende Schmelztemperaturen: Messing 21, Kupfer 27, Silber 28,

Gold 32, Gusseisen 130, Nickel 160 und Platin 170° W.; aber bei fortgesetzten Versuchen fand er manche Unregelmässigkeiten im Zusammenziehen der Thoncylinder, und so hat sich denn ergeben, dass diese Methode wenigstens keine allgemein vergleichbaren Resultate giebt. Dies ist in der Verschiedenheit der Thonsorten begründet, und ausserdem kommt noch als ein wichtiges Moment hinzu, dass es sich nicht gleich bleiben wird, ob der Thoncylinder längere oder kürzere Zeit der zu bestimmenden Hitze ausgesetzt ist, worüber jedoch keine Bestimmung feststeht. Namentlich haben Versuche von Guyton de Morveau das Vertrauen in dies Pyrometer erschüttert.

Becquerel hat hohe Temperaturen aus der Lichtintensität glühender Körper zu bestimmen gesucht. Nach ihm liegt der Schmelzpunkt des Platin schon bei 1600° C.

Die Ausdehnung der Körper bei gesteigerter Wärme hat Musschenbroek zuerst zu pyrometrischen Messungen benutzt, und zwar verwerthete er dabei die Ausdehnung von Metallstangen, indem er diese mittelst eines Räderwerkes vergrösserte und durch einen Zeiger zur Anschauung und Messung brachte. Brongniart verfuhr ebenso, nur vergrösserte er die Veränderung durch einen Winkelhebel. Das Instrument war zu dem bestimmten Zwecke construirt, in der Porcellanfabrik zu Sevres feste Grenzpunkte für die hohen Temperaturen der Oefen zu bestimmen, und scheint seinen Zweck ausreichend erfüllt zu haben; aber allgemein brauchbar war es nicht, da die Hitze auch auf den Hebel einwirkte. So sind auch alle anderen nach demselben Principe construirten Pyrometer nur historisch bemerkenswerth, namentlich das von Elliot, Herbert, Smeaton, Berthoud, Guyton de Morveau. J. F. Daniell hat ein sogenanntes Registerpyrometer oder registrirendes Pyrometer angegeben, bei welchem die Ausdehnung des Platins die Grundlage bildete, aber es spielt dabei eine Röhre aus feuerfestem Thone und Graphit eine Rolle, wodurch gerechte Zweifel an der Zuverlässigkeit rege gemacht werden. Auch A. Naumann hat einen verfehlten Vorschlag gemacht in der Benutzung einer Platinspirale. Ein bis 800° C. sicher gehendes Pyrometer, bei welchem ebenfalls Platin zur Verwendung kommt, ist von Petersen. Alle diese Instrumente stehen aber hinter denjenigen zurück, welche sich auf die Volumenveränderung der Luft oder auf das Princip der electrischen Strömungen gründen.

Die Volumenänderung der Luft zu pyrometrischen Instrumenten ist von J. G. Schmidt und Mill versucht, aber am zweckmässigsten von Pouillet zur Ausführung gebracht worden. Das Luftpyrometer desselben besteht 1) aus einem eiförmigen Platingefässe aus einem Stücke; 2) einer Verbindungsröhre von 1 bis 2 Millimeter innerem Durchmesser, die in einer Länge von wenigstens 20 bis 25 Centimetern von Platin sein muss; 3) aus einer getheilten Glasröhre,

dazu bestimmt, mit ihrem oberen Ende die Luft aufzunehmen, welche durch Erhitzen aus dem Platingefässe vertrieben wird. Diese Röhre ist einer Barometerröhre ähnlich und steht neben einer zweiten solchen Röhre, die oben offen ist; unten stehen beide stets in Gemeinschaft. Zu Anfange des Versuchs sind beide ganz mit Quecksilber gefüllt und mittelst einer besonderen Vorrichtung hält man die beiden Quecksilbersäulen beständig in gleichem Niveau, so dass man in jedem Augenblicke den Druck der in dem Apparate hermetisch eingeschlossenen Luft oder Gasart erfährt. (Poggend. Annal. Bd. 39. S. 567.) Mittelst dieses Pyrometers sind die Temperaturen der verschiedenen Farben beim Glühen nach Hunderten von Graden in folgender Weise bestimmt worden:

Anfangendes Roth	525° C.	Dunkles Orange	1100° C.
Dunkles Roth	700 ,,	Helles Orange	1200 ,,
Anfangendes Kirschroth	800 ,,	Weiss	1300 ,,
Kirschroth	900 ,,	Helles Weiss	1400 ,,
Helles Kirschroth	1000 ,,	Blendendes Weiss	1500 bis 1600 ,,

Pouillet hat dies Pyrometer sogar mit Erfolg zur Bestimmung sehr niedriger Temperaturen bis — 80° C. benutzt, so dass dasselbe den Namen eines Universalthermometers (s. d. Art.) verdient. Leider erfordert das Instrument viel Zeit und Mühe bei seiner Verwendung; es liefert aber genaue Resultate, falls sich der Barometerstand während des Versuchs nicht ändert.

Das Princip der electrischen Strömungen hat Pouillet in seinem magnetischen Pyrometer zur Ausführung gebracht (vergl. Poggend. Annal. Bd. 39. S. 574 und Bd. 41. S. 144). Man denke sich die Schwanzschraube eines Flintenlaufes herausgenommen, daran den Schraubengang auf eine gewisse Strecke 1 Linie tief und 1/2 Linie breit ausgegraben, so dass derselbe vollkommen glänzend und rein sei, darin einen Platindraht von einer halben Linie Dicke eingelegt und um den Grat des Schraubenganges plattgeschlagen, so dass der Platindraht, welcher drei oder vier Umgänge macht, vollständig bedeckt sei und sein Ende sich gänzlich in der Eisenmasse verliere. Hierauf stecke man den Platindraht in den Lauf längs der Axe desselben, schraube die Schwanzschraube wieder in das Ende des Laufs und schweisse sie im Essenfeuer mit diesem innig zusammen. Alsdann fülle man den Lauf mit Magnesia oder Asbest, damit der Draht gehalten werde und den Lauf nicht berühre. Alles dies thue man auch mit dem anderen Ende des Laufes, nur durchbohre man die zweite Schwanzschraube ihrer Länge nach, damit der erste Platindraht hindurchgehe, ohne sie zu berühren. Auf diese Weise hat man einen Metallbogen, bestehend aus dem Flintenlaufe und zwei Platindrähten, wobei die beiden Schwanzschrauben die zwei Löthstellen der Kette abgeben. Erhitzt man nun die erste Löthstelle, welche allein für das Feuer bestimmt und mit einem Gemenge

aus feuerfesten Erden bekleidet ist, so erhält man einen thermoelectrischen Strom (s. Art. Thermoelectricität), dessen Intensität nach einem gewissen Gesetze von der Temperatur abhängt, welcher das Ende des Flintenlaufes ausgesetzt ist. Den Strom lässt man zu einem Multiplicator gehen. Pouillet hat mit diesem Pyrometer, welches wirklich praktisch sich bewährt und mit steigender Temperatur sogar eine zunehmende Empfindlichkeit besitzt, folgende Schmelztemperaturen bestimmt:

Silber	1000° C.
Gold	1200 ,,
Weisses Gusseisen, sehr schmelzbar	1050 ,,
,, ,, wenig schmelzbar	1100 ,,
Graues Gusseisen, sehr schmelzbar	1100 ,,
,, ,, wenig schmelzbar, etwa	1200 ,,
Stahl, der leichtest schmelzbare, etwa	1300 ,,
,, der schwerst schmelzbare, etwa	1400 ,,
Eisen	1500 bis 1600 ,,

Ebenfalls ein thermoelectrisches Pyrometer hat Becquerel construirt durch Combination eines Platin- und Palladiumdrahtes.

Pyrometrie, die, beschäftigt sich mit der Bestimmung hoher Hitzegrade. S. Art. Pyrometer.

Pyrophor oder Luftzünder oder Selbstzünder heisst jede Substanz, die sich von selbst an der Luft entzündet. Diese Eigenschaft hängt ab von der Verwandtschaft der Substanz zum Sauerstoffe und diese wird wieder von dem Zustande derselben bedingt. Ist die Substanz sehr fein zertheilt oder sehr porös, so findet eine so energische Absorption von Luft und Feuchtigkeit statt, dass in Folge der dabei freiwerdenden Wärme eine Feuererscheinung auftritt.

Zu den Pyrophoren gehören: Phosphor, fein gepulverte Kohle, Kohlenkalium, Stickstoffkalium, Schwefelkalium, Wasserstoffkalium, Stickstoffnatrium, Schwefellithium, Zirkonium, Kohleneisen, Phosphorwasserstoffgas, Kakodyl, Kakodyloxyd, Manganoxydul, Uranoxydul, Eisen und Kobalt in höchst fein zertheiltem Zustande. — Boyle scheint zuerst 1680 von der Erscheinung gesprochen zu haben. Homberg entdeckte 1681 den Alaunpyrophor, der ein Gemisch von Schwefelkalium, Kohle und Thonerde ist. Schwefelsaures Kali mit Mehl oder Russ geglüht giebt einen Pyrophor; ebenso Bleisuperoxyd oder Mennige mit der Hälfte Zucker; Brechweinstein mit $^1/_{40}$ Kienruss. Weinsaures Bleioxyd wird nach dem Glühen pyrophorisch, wie Göbel angiebt; ebenso nach Böttger viele citronsaure, gallussaure, traubensaure und weinsteinsaure Salze.

Pyroskop hat Leslie eine Abänderung seines Differentialthermometers (s. d. Art.) genannt. Die eine Kugel war mit Blattgold überzogen, so dass sie überall eine glänzende metallene Fläche darbot, von welcher die Wärmestrahlen zurückgeworfen wurden, während in der

anderen freien oder wohl gar mit Tusche geschwärzten durch die Absorption der Wärme die in ihr enthaltene Luft eine Ausdehnung erfuhr. Das Instrument hat in dieser Abart keine rechte Benutzung gefunden.

Pyrosmaragd, s. Art. Chlorophan.

Q.

Quadrant bezeichnet überhaupt den vierten Theil eines Kreises: im Besonderen versteht man aber darunter den Spiegel-Quadranten, wie man hier und da wohl den Spiegel-Octanten nennt. Vergl. Art. Octant. — Wegen des Mauerquadranten s. den betreffenden Artikel.

In früheren Zeiten war beim Seewesen eine Karte sehr gebräuchlich, welche für alle Theile der Erde auf mechanische Weise, d. h. ohne Rechnung, mittelst der gesegelten Distanz die veränderte Länge und Breite zu finden eingerichtet war. Diese Karte nannte man Reductions-Quadrant. Jetzt bedient man sich gewöhnlich der sogenannten Strichtafeln.

Bei der Artillerie bediente man sich zum Richten der Kanone, des Stücks, des sogenannten Stück-Quadranten. Es ist dies ein hölzernes oder messingenes Winkelmass mit einem langen und einem kurzen Schenkel von 4 bis 6 Zoll mit einem in 90 Grad getheilten Kreisbogen, von dessen Mittelpunkte ein Bleiloth herabhängt. Der lange Schenkel wird in die Mündung des Stücks gesteckt und das Bleiloth zeigt dann beim Richten den Winkel an, den das Rohr mit dem Horizonte bildet.

Quadrate, Methode der kleinsten, s. Art. Beobachtungsfehler. S. 85.

Quadrantenelectrometer Henley's, s. Art. Electrometer.

Quadrat, magisches, nennt man ein in kleine Quadrate getheiltes Quadrat, welches in diesen Fächern so mit Zahlen beschrieben ist, dass die Summe der Zahlen in den mit den Seiten des Quadrats parallel laufenden Reihen und ebenso in den Diagonalen stets dieselbe ist. Enthält das Quadrat z. B. neun kleine Quadrate, so schreibe man in die obere Reihe die Zahlen 4, 9, 2; in die mittlere 3, 5, 7: in die untere 8, 1, 6; oder enthält das Quadrat sechzehn kleine Quadrate, so schreibe man in die erste Reihe 10, 15, 6, 3; in die zweite 8, 1, 12, 13; in die dritte 11, 14, 7, 2 und in die vierte 5, 4, 9, 16.

Quadratmikrometer, das, gehört zu den Fadenmikrometern. S. Art. Mikrometer. 1.

Quadratur oder Geviertschein des Mondes nennt man das erste und letzte Viertel desselben. — Quadratur einer Curve ist die Berechnung des Flächeninhaltes der Ebene, welche die Curve einschliesst, oder welche zwischen der Curve und ihren Coordinaten liegt.

Qualität bedeutet im Allgemeinen Eigenschaft (s. d. Art.); ausserdem legt man aber in den Begriff Qualität eine Hinweisung auf die reale Grundlage der Materie oder auf das eigenthümliche Wesen der Körper, durch welches sowohl die wesentlichen als zufälligen Eigenschaften der Körper bedingt sind. — Unter Qualität des Lichtes versteht man die Farbenempfindung, welche die Lichtstrahlen in uns hervorbringen. Nach der Undulationshypothese (s. d. Art.) wird diese Qualität durch die Schwingungsdauer der Aethertheilchen bedingt, d. h. durch die in einer Secunde vollzogenen Schwingungen.

Quantitätsinductor ist eine Inductionsrolle, die bei Glühversuchen verwendet wird, im Gegensatze zu dem Intensitätsinductor zu physiologischen und chemischen Zwecken. Vergl. Art. Inductionsmaschine.

Quart heisst in Preussen ein Raummass von $^1/_{27}$ preuss. Cubikfuss Inhalt. 1 Quart hält 1,145 Liter und 48 Quart geben einen preuss. Scheffel.

Quartaut hiess früher in Frankreich ein Gefäss, welches 72 Pinten fasste; 1 Pinte hielt 0,931 Liter und nach der gewöhnlichen Annahme 48 par. Cubikzoll.

Quarte ist das Intervall zweier Töne, deren Schwingungen aufsteigend sich wie 3 : 4 oder absteigend wie 4 : 3 verhalten, z. B. *C* und *F*, *G* und *c*. Man bezeichnet die Quarte gewöhnlich mit *q*. Vergl. Art. Ton.

Quarter, ein englisches Hohlmass, hält 8 Bushels oder 64 Gallons. S. Art. Gallon. Vergl. auch Art. Gewichte. S. 398.

Quartflöte, vergl. Art. Flöte.

Quecksilber, das einzige bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall, findet sich in Europa vorzugsweise in Spanien zu Almaden und in Krain zu Idria, ausserdem liefert dasselbe aber auch China, Peru und Californien. In der Physik spielt das Quecksilber eine grosse Rolle, da es in vielen Instrumenten einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, z. B. in den Thermometern, Barometern etc., ausserdem aber noch seiner Eigenschaften wegen vielfache Verwendung findet. — Nach den neuesten Angaben erstarrt das Quecksilber bei — 40°,5 C.; der Siedepunkt bei dem Normalbarometerstande liegt bei 340° C. — Nach Dulong und Petit beträgt die Ausdehnung des Quecksilbers dem Volumen nach für 1° C. bei einer Erwärmung von 0° bis 100° C. $^1/_{5550}$ = 0,00018018, zwischen 100° und 200° $^1/_{5425}$ und zwischen 200° und 300° $^1/_{5300}$. Zwischen 0° und 100° ist die Volumenveränderung der Wärme proportional. — Quecksilber ist ein guter Wärmeleiter und guter Electricitätsleiter. —

Die Dichtigkeit des Quecksilberdampfes ist 6,976. — Die Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers beträgt nach Oersted bei dem Drucke einer Atmosphäre 1 Millionstel des Volumens, nach Grassi aber mehr, nämlich 0,00000295. — Das specifische Gewicht bei 0° C. ist 13,596; in der Nähe seines Gefrierpunktes 14,4. — Kommt Quecksilber mit Glas in Berührung, so bildet sich zwischen beiden eine Vertiefung und der Winkel, unter welchem beide zu einander geneigt sind, beträgt 38 bis 45 Grad. — Schüttelt man Quecksilber anhaltend mit Wasser, Aether oder Terpentinöl oder reibt man es zugleich mit Schwefel, Schwefelantimon, Zucker, Fett etc., so tritt eine so feine Zertheilung ein, dass es als schwarzgraues Pulver erscheint. Man nennt diese Operation das Tödten oder die Extinction des Quecksilbers. — Wegen der Amalgamirung vergl. Art. Amalgam.

In vielen Fällen ist es durchaus nothwendig, reines Quecksilber zu verwenden. Oberflächlich reinigt man dasselbe dadurch, dass man es durch einen in eine feine Oeffnung auslaufenden Papiertrichter fliessen lässt oder durch Leder presst. Besser ist Schütteln mit verdünnter heisser Salpetersäure, worauf Waschen, d. h. Schütteln, mit Wasser und Trocknen mit Fliesspapier folgt. Die hierbei zu verwendende Salpetersäure verdünnt man durch die doppelte Menge Wasser und die Erwärmung treibt man bis auf 50 oder 60° C.

Quecksilbercompensation ist die Ausgleichung des nachtheiligen Einflusses der Temperaturänderung auf die Schwingungsdauer eines Uhrpendels mittelst eines an der Pendelstange angebrachten Quecksilbergefässes. Vergl. Art. Compensationspendel.

Quecksilberluftpumpe, die, gehört zu den sogenannten hydraulischen Luftpumpen. Es wird bei dieser Luftpumpenart, die unpraktisch ist, der leere oder verdünnte Raum durch eine tropfbare Flüssigkeit in ähnlicher Weise erzeugt wie das Vacuum im Barometer. Baader's Quecksilberluftpumpe (1784) ist z. B. auf folgende Weise construirt. Unter dem Teller (s. Art. Luftpumpe) ist eine möglichst grosse Glaskugel, welche oben durch eine Röhre mit dem Teller communicirt und auf dieser Strecke einen Senguerd'schen Hahn (s. Art. Hahn, Senguerd'scher) enthält, nach unten ebenfalls in eine Röhre mündet, die dann zweimal rechtwinkelig gebogen ist und oben in der Höhe des Tellers in einen Trichter ausläuft. Communicirt die Kugel durch den Senguerd'schen Hahn mit der äusseren Luft und giesst man durch den Trichter Quecksilber ein, so füllt sich die Kugel ganz mit demselben bis zu dem Hahne hin. Stellt man hierauf durch den Hahn die Verbindung zwischen der Kugel und dem Recipienten (s. Art. Luftpumpe) her und lässt das Quecksilber durch einen Hahn abfliessen, welcher am unteren Theile der in den Trichter endenden Röhre angebracht ist, so verdünnt sich die Luft im Recipienten.

Die erste Quecksilberluftpumpe hat E. Schwedenborg (1722) angegeben. Vergl. Poggendorff's Annal. Bd. 125. S. 151.

Quecksilberpendel heisst ein Uhrpendel mit Quecksilbercompensation (s. d. Art.).

Quecksilberregen nennt man ein Experiment mit der Luftpumpe, bei welchem Quecksilber durch die Poren eines Holzbehälters hindurchgeht. S. Art. Luftpumpe. C.

Quecksilberthermometer heisst das gewöhnliche Thermometer, dessen thermometrische Substanz Quecksilber ist, im Gegensatze zu dem mit Weingeist gefüllten Weingeistthermometer. Für gewöhnliche Temperaturen hat das Quecksilber entschiedene Vorzüge: 1) weil es sich sehr rein darstellen lässt, 2) eine grosse Empfindlichkeit gegen Wärmeänderungen besitzt, 3) innerhalb der gewöhnlichen Beobachtungen sein Volumen mit den Wärmeänderungen in demselben Verhältnisse verändert, und 4) zu seinem Kochen eine verhältnissmässig hohe und zu seinem Festwerden ebenso eine verhältnissmässig niedrige Temperatur erfordert, nämlich + 340° C. und — 40°,5 C. Vergl. Art. Thermometer.

Quecksilberuhr, die, ist eigentlich eine Spielerei. Eine aus zwei parallelen Stäben gebildete geneigte Ebene liefert das Gestell; dann gehört dazu ein Rad, dessen Peripherie aus gläsernen Hohlkugeln zusammengesetzt ist, welche der Reihe nach durch enge Mündungen mit einander in Verbindung stehen. Zwei auf einander folgende dieser Kugeln sind mit Quecksilber gefüllt. Die Axe des Rades ruht mit den beiden Enden auf den Stäben der schiefen Ebene, so dass das Rad zwischen den Stäben liegt, und um jedes Axenende ist ein Faden geschlungen, der an dem unteren und oberen Ende der schiefen Ebene befestigt ist. Durch das Quecksilber in den beiden Kugeln wird der Schwerpunkt des Rades aus der Axe nach diesen Kugeln hingerückt. Wäre der Schwerpunkt in der Axe, so würde das Rad sofort herabrollen; bei der getroffenen Einrichtung kann aber erst eine Drehung des Rades erfolgen, wenn das Quecksilber in eine tiefer liegende Kugel abfliesst. Das Rad sinkt also in dem Verhältnisse, in welchem das Ausfliessen des Quecksilbers erfolgt, und es kann daher der Gang desselben als Zeitmass gebraucht werden.

Quelle nennt man eine Stelle, an welcher Wasser aus dem Innern der Erde hervortritt oder auch das aus dem Innern der Erde hervortretende Wasser selbst. Man kann die Quellen in zu Tage gehende und in unterirdische eintheilen. Zu den letzteren gehören alle diejenigen, bei denen das Hervortreten des Wassers erst durch künstliche Mittel herbeigeführt wird, wobei es gleichgültig ist, ob das Auffinden des Wassers beabsichtigt wurde oder nicht, z. B. beim Graben von Brunnen oder bei den Arbeiten im Bergwerke.

A. Die natürlichen, ohne künstliche Mittel auftretenden Quellen sind in grosser Zahl über die Erdoberfläche verbreitet und erzeugen die Flüsse, Ströme, Seen etc. Die Atmosphäre (s. d. Art.) enthält stets Wasserdampf in Folge der Verdunstung des Wassers an der Oberfläche des Meeres und des sich sonst auf der Erde findenden Wassers. In der Form von Nebel, Regen, Schnee etc. fällt das Wasser aus der Atmosphäre wieder zur Erde hernieder und dringt in diese so tief ein, als sie für das Wasser durchdringlich ist. Dies Wasser erfüllt alle Zwischenräume und Klüfte im Innern der Gebirge und nur das, was nicht eindringen kann, theils wenn die Höhlungen gefüllt sind, theils wenn das Wasser nicht so schnell einzudringen vermag, als der Regen es schüttet, läuft in das Thal und zu den niedrigsten Punkten ab. Je klüftiger nun das Gebirge und je grösser seine Oberfläche ist, desto mehr Wasser wird in dasselbe eindringen und zwar so tief, bis es auf ein Hinderniss stösst, d. h. bis es auf eine Schicht kommt, welche kein Wasser durchlässt und dasselbe nöthigt, sich seitwärts einen Ausweg zu suchen oder aufzustauen. Dergleichen nicht durchlassende Schichten kommen in den Gebirgen häufig zwischen den klüftigen vor. Als Unterlage unter klüftigem Gestein fangen sie das von oben kommende Wasser auf und bringen es oft in beträchtlicher Höhe als Gebirgsquellen zum Ausguss, oder als Decke über klüftigem Gesteine halten sie das eingedrungene Wasser eingeschlossen und nöthigen dasselbe in seinem unterirdischen Laufe so lange fortzufliessen, bis an irgend einer Stelle diese Decke durchbrochen ist, wo sodann das Wasser als natürliche Quelle hervortritt. Solche wasserhaltende, mit einer undurchdringlichen Decke versehene Schichten können in den Flötzgebirgen mehrere unter oder über einander vorkommen, und zwar in beträchtlicher Tiefe, weshalb man bei der Erbohrung solcher Brunnen, bei welchen das angebohrte Wasser nicht hoch genug aufsteigt, nicht selten durch Tieferbohren seinen Zweck erreicht, insofern die tiefer vorkommenden Wasserschichten meistens einen höheren Ursprung oder Einlauf haben und mithin nach ihrer Erbohrung auch höher aufsteigen. Diese Wasserschichten sind häufig von sehr grosser Ausdehnung nach Länge und Breite. Alle verborgenen Zuflüsse, durch welche eine Quelle Wasser empfängt, bilden zusammen ihr W u r z e l s y s t e m.

Das Auftreten der Quellen ist also von der Structur und Lagerung der Gesteine vorzugsweise abhängig. Ob die Schichten horizontal oder mehr oder weniger geneigt verlaufen, ist dabei nicht gleichgültig. Auch die Beschaffenheit der Erdoberfläche ist von Wichtigkeit. Ausgedehnte und stark bewaldete Hügel- und Berggruppen, namentlich wenn sie zugleich eine bedeutende Höhe haben, so dass sie in Folge der mit der Höhe abnehmenden Temperatur den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf leicht verdichten, geben viele oder doch einzelne sehr wasserreiche Quellen. Im flachen Lande breitet sich das Wasser all-



seitig aus und verdunstet zum Theil wieder schnell, aber in den schattigen und kühlen Bergen sammelt es sich zwischen den Felsen zu grösseren Massen an, durchrinnt das lose Gestein, ohne von diesem selbst beträchtlich eingesogen zu werden, und bewegt sich über festen Felsschichten oder über sonst für das Wasser undurchdringlichen Lagern fort. Höhere Berge sind häufig in Wolken gehüllt, die sie durch ihre Kälte erzeugen. In Hochgebirgen liefert der Schnee den Quellen Nahrung.

Die Quellen entstehen somit durch Filtration des aus der Atmosphäre niedergeschlagenen Wassers und sind Ausbrüche des Wassers, welches in verschiedenen Tiefen zwischen den Erdschichten fliesst. Die wasserreichsten entspringen in den Gebirgen und namentlich in den Kalkgebirgen, deren abfallende und poröse Schichten leichter durchdrungen werden können. Hieraus folgt, dass die Quellen nur in einer gewissen Tiefe erscheinen. Allerdings hat man auch in bedeutender Höhe Quellen gefunden, aber doch nicht auf den höchsten Gebirgsspitzen. Der Hexenbrunnen auf dem Brocken liegt noch 18 Fuss unter dem flachen Gipfel des Berges, der fast fortwährend in Wolken gehüllt ist und frühzeitig mit lange liegen bleibendem Schnee bedeckt wird. Das aufgeschwemmte Land enthält ebenfalls viele süsse Quellen. Am sparsamsten kommen sie jedoch in Ablagerungen von Sand und Gerölle vor, wenn dieselben nicht von Thon oder sandigen Thonschichten durchsetzt sind. Am häufigsten finden sie sich hier in den Auflagerungsflächen dieser Terrains auf einer älteren Formation. — Quellen, die aus höher gelegenen Gegenden auf einer festen Grundlage fortfliessen und dann durch eine dünnere Sandschicht sich einen Ausweg bahnen, geben zu den Oasen Veranlassung.

Wird einem unterirdischen Wasserbehälter oder einer solchen Wasserader eine Oeffnung nach aussen gegeben durch Graben oder Bohren, so entsteht ein Brunnen. Zuweilen springt das Wasser in solchen Fällen bis über die Oberfläche und dies ist namentlich bei den sogenannten artesischen Brunnen der Fall, über welche der besondere Artikel: Brunnen, artesische, das Nähere enthält.

Ist das Wurzelsystem einer Quelle von geringer Ausdehnung, so hängt ihr Wasserreichthum wesentlich vom Wetter ab. Hierher gehören diejenigen, welche ihr Wasser aus geringen Höhen erhalten. Auf dem Flachlande findet man öfter sogenannte Hungerquellen oder Maibrunnen (vergl. Art. Hungerquelle), die in der Regel nur einige Monate fliessen und namentlich einem reichlichen Schneefalle im Winter ihren Ursprung verdanken. — Andere Quellen fliessen intermittirend, d. h. in Zwischenräumen. Es gehört hierher der Bullerborn bei Paderborn (s. Art. Bullerborn). Die Ursache der Intermittenz kann verschieden sein. Quellen mit reichlicher Gasentwickelung können durch Anhäufung von Luftblasen an ihrem Wassererguss verhindert werden; bei anderen kann eine Anhäufung von Sand die Veran-

lassung sein; noch andere, namentlich solche, welche länger aussetzen, hat man auf heberförmige Kanäle zurückgeführt, wie man dies auch bei der Erklärung der bekannten Erscheinungen des Zirknitzer-Sees thut. Wegen der grossartigen Erscheinung der Geysire vergl. Art. Geysir.

B. Eine besondere Aufmerksamkeit hat man der Temperatur der Quellen geschenkt, wobei indessen von den mineralischen und heissen Quellen noch abzusehen ist. Um die Temperatur genau zu finden, umwickelte Wahlenberg die Kugel des Thermometers mit Tuch und liess das Instrument etwa eine Stunde lang auf dem Boden der Quelle liegen. Kämtz führte das Thermometer, ehe er seinen Stand ablas, etwa eine Viertelstunde lang in dem Quellwasser hin und her. Hallmann hat für die Temperaturbeobachtung der Quellen folgende Regeln aufgestellt.

1) Jährlich zwölf gleich weit von einander abstehende Beobachtungen, also monatlich eine an demselben Monatstage angestellt, geben ein richtiges Jahresmittel bei solchen Quellen, deren Unterschied des wärmsten und kältesten Monats nicht mehr als höchstens 3° C. beträgt. Solche Quellen dürfen nur nicht in Form offener Brunnen gefasst sein.

2) Für alle anderen Quellen sind monatlich drei Beobachtungen an den festen Tagen des 5., 15. und 25. zur Erlangung richtiger Jahresmittel erforderlich und hinreichend.

3) Durch drei Beobachtungen, am 5., 15. und 25., bei solchen Quellen, deren Unterschied des kältesten und wärmsten Monats nicht mehr, als höchstens 3° C. beträgt, erhält man ein richtiges Monatsmittel, vorausgesetzt, dass sie nicht in Form von offenen Brunnen gefasst sind und keine vorübergehenden Wärmeveränderungen durch Regeneinfluss erleiden.

4) Durch fünf Beobachtungen, am 5., 10., 15., 20., 25., erhält man ein richtiges Monatsmittel bei Quellen, deren Wärmeschwankung grösser als 3° C. ist, oder die bei geringer Wärmeschwankung in Form von offenen Brunnen gefasst sind.

5) Durch sieben Beobachtungen, am 1., 5., 10., 16., 20., 25., 29., erhält man das Monatsmittel bei Quellen, welche vorübergehende Veränderungen durch Regeneinfluss erleiden.

6) Bei allen Quellen ohne Unterschied sind sieben Beobachtungen an den genannten festen Tagen, und bei Quellen, welche vorübergehende Wärmeveränderungen durch Regeneinfluss erleiden, ausserdem noch stellenweise tägliche Beobachtungen nöthig, um den Wärmegang zu bestimmen.

Die Beobachtungen haben ergeben, dass die Temperatur der Quellen eine jährliche Periode hat, die aber weder zur Breite, noch zu der Meereshöhe des Ortes in Beziehung steht. Die Extreme der Quellentemperaturen treten später ein als die der Lufttemperaturen und zwar



im Allgemeinen um so später, je geringer die Temperaturschwankung ist. Die Schwankung der Quellentemperatur ist geringer als die der Lufttemperatur. Die Mittel der Quellentemperaturen sind in niederen Breiten niedriger und in höheren Breiten höher als die Mittel der Lufttemperaturen. Wenn auch der Unterschied der Mittel nicht sehr bedeutend ist, so kann doch nicht aus wenigen Quellentemperaturbeobachtungen auf das Luftmittel geschlossen werden, wie man früher behauptete. Die Abweichung der Quellentemperatur von der Lufttemperatur hängt nach L. v. Buch von der Vertheilung des Regens auf die einzelnen Jahreszeiten ab, und ist im Gebiete des Sommerregens eine positive und im Gebiete des Herbst- und noch mehr des Winterregens eine negative.

C. Die Quellen, deren Temperatur der mittleren Lufttemperatur nahe steht, nennt man kalte Quellen, diejenigen hingegen, welche diese Temperatur übersteigen, warme Quellen oder Thermen. Die letzteren kommen in den verschiedensten Gegenden der Erde vor, am häufigsten aber in vulcanischen, mit denen sie in innigem Zusammenhange zu stehen scheinen. Der Ursprung der hohen Temperatur, die bei einigen dem Siedepunkte nahe kommt, ist jedenfalls in der grossen Tiefe zu suchen, bis zu welcher sie in die Erdrinde hinabreichen; denn die Wärme steigt beim Eindringen in die Erde im Durchschnitt mit je 100 Fuss Tiefenzunahme um 1° C. (s. Art. Erdwärme). Viele heisse Quellen verdanken ihre hohe Temperatur indessen der unmittelbaren Nähe thätiger Vulcane und andere der im Innern bereits erloschener noch vorhandenen Wärme. Der Carlsbader Sprudel ist 75° C. warm; der Kochbrunnen in Wiesbaden 67°; die Kaiserquelle in Aachen 57°; Baden-Baden 65°; Teplitz 48°; Warmbrunn 37,5°.

D. Ausser nach der Temperatur unterscheidet man die Quellen auch noch nach dem Gehalte des Wassers und nennt namentlich diejenigen, welche aufgelöste Substanzen in grösserer Menge enthalten, Mineralquellen. So giebt es sogenannte Eisensäuerlinge oder Stahlwasser mit einem Gehalte an kohlensaurem Eisenoxydul, z. B. Pyrmont, Franzensbad etc.; Schwefelwasser mit Schwefelwasserstoffgas, z. B. Aachen, Warmbrunn, Gastein, Wildbad etc.; Salzquellen mit vorwiegendem Gehalte an Kochsalz; Bitterwasser mit schwefelsaurer Bittererde u. s. w.

Brongniart wollte die Mineralwasser nach den Gebirgsarten classificiren, in denen sie ihren Ursprung haben: 1) Quellen des primären Gebirges; 2) der unteren Ablagerungen; 3) der oberen Ablagerungen; 4) des Uebergangsgebirges und 5) des alten Trachyts. Diese Classification hat wenig Anklang gefunden und die chemische Zusammensetzung ist massgebend geblieben.

Queraxe oder Nebenaxe, s. Art. Hauptaxe.

Quercontraction nennt man die Verkleinerung des Qu
eines Körpers, welcher durch irgend eine Kraft (s. Art. Elas
verlängert wird. Hierbei bleibt das Volumen des Körpers n
ändert, sondern bei eintretender Verlängerung wird dasselbe e
gemäss grösser, also die Dichtigkeit der Substanz kleiner.

Querscheitel nennt man bei einem Krystalle die Ecken,
eine Queraxe ausläuft. S. Art. Krystallographie. A.

Quetschhahn nennt man eine Klemme, durch welche ein K
rohr zusammengedrückt und somit abgeschlossen wird. Man
ihn gewöhnlich aus hartgeschlagenem Messingdrahte, indem n
umbiegt, dass er federnd mit seinen Enden etwa in der Lä
Zolles übergreift, so dass diese sich eng an einander lagern
hat eine Verbesserung angegeben, die darin besteht, dass die
Drahtenden durch den Druck auf zwei Knöpfe sich öffnen,
Stiel eines jeden Knopfes an dem einen Drahtende fest sitz
durch das andere Drahtende hindurch geht.

Quickbrei ist so viel wie Amalgam (s. d. Art.). Quic
im Niederdeutschen lebendig oder lebhaft; Quecksilber ist also
Silber.

Quintal métrique ist $^{1}/_{100000}$ Gramm.

Quinte ist das Intervall zweier Töne, deren Schwingu
steigend sich wie 2 : 3 oder absteigend wie 3 : 2 verhalten
und *G*, *F* und *c*. Man bezeichnet die Quinte gewöhnlich mit
Art. Ton.

Quintessenz, *Quinta essentia*, nannten die späteren la
Schriftsteller über Aristoteles die Essenz, welche dieser
vier Elementen (Feuer, Wasser, Luft und Erde) glaubte an
müssen, um die kreisförmige Bewegung zu erklären. Die
Elemente müssten eine einfache geradlinige Bewegung haben,
Luft aufwärts, Wasser und Erde abwärts. Einem Etwas
kreisförmige Bewegung natürlich sein und dies sei eine Essenz
licher als jene Elemente sei, also ein fünftes Element und zwa
kommenste von allen. Jetzt bezeichnet man mit Quintessenz
samen Bestandtheil eines Stoffes. Raimund Lull nannte
geist wegen seiner belebenden Wirkung vorzugsweise die *qui
tia*. Daher kam es, dass man die weingeistigen Auszüge, die
Tincturen nennt, lange Zeit als Essenzen bezeichnete.

Quobar heisst ein trockner Nebel in Aethiopien, welche
lina (s. d. Art.) in Spanien am meisten ähnlich ist. Er zeigt
fige Anordnung und zwar sind die Streifen gewöhnlich horizo
der Annäherung an den Aequator nimmt der Nebel zu, am st
er aber über den heissen Niederungen. Er verschwindet

Tage zum andern; bildet sich bisweilen über Nacht; verschwindet häufig bei frischem Ostwinde und erscheint plötzlich wieder mit dem Westwinde, der ihn aus den heissen Wüsten des afrikanischen Innern herzuführen scheint.

R.

Raasch, Zitterwels oder Donnerfisch, gehört zu den electrischen Fischen. S. Art. Fische, electrische.

Rad, s. Art. Räderwerk.

Rad an der Welle oder Radwelle oder Wellrad ist eine einfache Maschine, welche aus einer kreisrunden Scheibe und einem Cylinder, der sogenannten Welle, besteht, die auf die Weise fest mit einander verbunden sind, dass die Welle senkrecht auf der Radscheibe steht und ihre Axe durch den Mittelpunkt der letzteren geht. Das Ganze ist um Zapfen, welche mit der Axe der Welle gleich laufen, drehbar; die Last hängt an einem Seile, welches an der Welle befestigt und um dieselbe gewickelt ist; die Kraft wirkt an der Peripherie des Rades.

Das Wellrad lässt sich ansehen als ein System festverbundener Punkte, welches in den Zapfen unterstützt ist, oder als ein immerwährender Hebel. Es finden also hier die Gesetze Anwendung, welche im Art. Bewegungslehre. V. und im Art. Hebel näher angegeben sind. Die Last L wirkt an der Peripherie der Welle in der Richtung der Tangente, also in einer Entfernung, welche dem Halbmesser r der Welle gleich ist; die Kraft K an dem Rade und zwar, wenn man sich um die Peripherie desselben ebenfalls ein Seil gelegt denkt, an welchem sie zieht, in der Richtung der Tangente und in einer Entfernung gleich dem Halbmesser R des Rades, also ist Gleichgewicht, wenn $K : L = r : R$ oder $K . R = L . r$ ist. — Da die Kraft auch anders angebracht und anders gerichtet sein kann, als eben angenommen wurde, z. B. wenn an der Radscheibe nur ein Handgriff sich befindet, so wird das Moment der Kraft $(K . R)$ auch nach den verschiedenen Entfernungen anders ausfallen; immer aber gelten die Gesetze, auf welche verwiesen worden ist. Das Verhältniss zwischen dem Wege der Kraft und dem Wege der Last ist daher auch hier das umgekehrte von demjenigen, in welchem unter denselben Umständen Kraft und Last sich das Gleichgewicht halten würden. Ist also R grösser als r, so ist beim Gleichgewichte K kleiner als L, aber bei eintretender Bewegung bewegt sich die Last in demselben Verhältnisse langsamer als die Kraft, in

welchem R grösser ist als r. — Man kann auch die Last an dem Rade und die Kraft an der Welle anbringen, wie es z. B. bei der Garnhaspel der Fall ist. Dann ist die zum Gleichgewichte erforderliche Kraft grösser als die Last, aber bei eintretender Bewegung die Geschwindigkeit der Last in demselben Verhältnisse grösser als die der Kraft. Dass man eine solche Disposition nur dann treffen darf, wenn die Last an sich leicht ist oder man über eine mehr denn ausreichende Kraft verfügen kann, versteht sich von selbst.

Das Verhältniss $K : L = r : R$ gilt nur, wenn man von allen Hindernissen absieht. Bei der praktischen Verwendung des Rades an der Welle kommen als Hindernisse der Bewegung (s. d. Art.) namentlich die Reibung der Zapfen und die Steifigkeit der Seile in Betracht. Wirkte die Kraft an einem Seile von dem Halbmesser R_1 und die Last an einem solchen von dem Halbmesser r_1, so würde $K : L = r + r_1 : R + R_1$, also beim Gleichgewichte $K = L \cdot \frac{r + r_1}{R + R_1}$ sein. Hätten die Zapfen einen Halbmesser ϱ, wäre der Reibungscoefficient μ und der Druck, welchen der Zapfen zu erleiden hat, P, so würde die Last noch um $\mu P \varrho$ vermehrt werden und blos mit Rücksicht auf die Reibung müsste $K = \frac{L r + \mu P \varrho}{R}$ sein. Vergl. Art. Reibung und Steifigkeit der Seile.

Das Rad an der Welle kommt in der Praxis in sehr verschiedenen Formen vor. Ist statt der ganzen Radscheibe nur eine einzige Speiche vorhanden, so nennt man diese eine Kurbel oder einen Krummzapfen. — Sind zwei Kurbeln angebracht, nämlich eine an jedem Ende der Welle, so heisst das Ganze eine Hornhaspel. Die Kurbeln stehen dann — z. B. bei dem Ausgraben eines Brunnens — um 180° gegen einander, vortheilhafter ist es aber wegen der besseren Ueberwindung des todten Punktes, ihnen eine Stellung von 90° zu einander zu geben. Letzteres muss jedenfalls geschehen, wenn Räderwerke durch Kurbeln bewegt werden sollen, da sonst die Bewegung ungleichmässig wird und wegen der dann unvermeidlichen Rucke die Zähne der Räder leicht brechen. — Sind an Stelle der Radscheibe nur zwei Durchmesser vorhanden, so ist dies eine Kreuzwinde, oder eine Erdwinde, oder wenn thierische Kräfte daran ziehen, ein Göpel (s. d. Art.) — Die Ankerwinde und das Gangspill gehören ebenfalls hierher, ferner die Wasserräder, die Windmühlenflügel, das Tretrad, die Tretscheibe (s. Art. Laufrad), die gezahnten Räder etc., worüber die speciellen Artikel das Nähere enthalten; namentlich verweisen wir auf Art. Räderwerk.

Rad, Barlow's, s. Art. Barlow's Rad.

Rad, electrisches, ist ein an den Enden in demselben Sinne

umgebogenes und zugespitztes Metallstäbchen, welches in seiner Mitte eine Vertiefung besitzt und mit dieser auf ein zugespitztes Metallstäbchen gesetzt wird, welches auf dem Conductor einer Electrisirmaschine steht. Das auf der Spitze schwebende Stäbchen ist leicht in horizontaler Richtung drehbar und geräth, sobald die Electrisirmaschine in Thätigkeit gesetzt wird, in eine drehende Bewegung, welche nach den Gesetzen der Rückwirkung (s. d. Art.) erfolgt, als ob aus den umgebogenen spitzen Enden Electricität ausströme. Wird das Experiment im Dunkeln angestellt, so zeigt sich an den Spitzen das electrische Licht.

Die electrische Mühle ist eine Spielerei, welche sich auf das electrische Rad gründet. Die Mühle ist wie eine Windmühle gestaltet; die Flügelwelle ist ein in einer Glasröhre liegender Draht und die Flügel bilden ein vertical drehbares electrisches Rad, dessen Speichen mit Papier beklebt sind, so dass sie den Windmühlflügeln gleichen. Das den Flügeln entgegengesetzte Ende der Flügelwelle wird mit der Electrisirmaschine in leitende Verbindung gesetzt.

Rad, Segner's, oder Reactionsrad, besteht im Wesentlichen aus zwei oder mehreren horizontalen Röhren, die an einem um eine verticale Axe drehbaren Wasserbehälter so angebracht sind, dass die Axe ihr Centrum sein würde; alle Röhren sind an ihren Enden in demselben Sinne umgebogen und enden in eine verhältnissmässig kleine Oeffnung, oder sie sind verschlossen und unweit dieses verschlossenen Endes hat eine jede eine an der Seite — bei allen in demselben Sinne — liegende Oeffnung. Strömt aus dem Behälter durch die Röhren Wasser ab, so geräth das ganze System in eine horizontale drehende Bewegung nach den Gesetzen der Rückwirkung (s. d. Art.). Vergl. Art. Hydrostatik. C. Man kann sich leicht ein solches Rad verschaffen, wenn man sich einen Blechcylinder von 15 bis 18 Zoll Höhe und etwa 4 Zoll Durchmesser anfertigen lässt, von welchem dicht über dem Boden etwa vier Röhren der angegebenen Art ausgehen. Von der Mitte des Bodens wird ein Blechrohr der Axe des Cylinders entlang geführt und in dies ein starker zugespitzter Draht als Stativ gesteckt, so dass das Ganze leicht beweglich auf demselben hängt.

Schon Segner hatte das Princip seines Rades zur Bewegung von Mühlen vorgeschlagen, bekannter ist aber Barker's Mühle geworden. Die Einrichtung besteht einfach darin, dass er mit der Axe des rotirenden Behälters ein conisches Rad in Verbindung brachte, welches die Bewegung fortpflanzte. Später hat das Segner'sche Rad zu den viel vortheilhafteren Turbinen (s. d. Art.) geführt.

Radbarometer, das, ist das Zifferblattbarometer nach Hooke's Einrichtung. S. Art. Barometer.

Raddampfer, s. Art. Dampfschiff.

Radhaspel, s. Art. Haspel. Die Kraft wirkt an einem Systeme von Spillen.

Radical, s. Art. Basen.

Radiusvector, s. Art. Bewegungslehre. IV. 8.

Radsirene ist eine Sirene (s. d. Art.), bei welcher die Töne dadurch erzeugt werden, dass ein eingeklemmtes Streifchen von Kartenpapier von den Zähnen eines in Drehung gesetzten gezahnten Rades abschnappt. F. Savart hat sich namentlich dieser Sirenenart bei seinen akustischen Untersuchungen bedient.

Radventilator ist der am häufigsten in Wohnzimmern angebrachte Luftreiniger, welcher aus einem etwa $2^1/_2$ Zoll im Durchmesser haltenden Blechcylinder besteht, den man in einer oberen Fensterscheibe des Zimmers einsetzt. Der Cylinder enthält ein Rad mit windschief gestellten Blechblättern, die fächerartig über einander liegen, so dass zwischen den auf einander folgenden noch ein Zwischenraum bleibt. Da die warme Luft nach oben steigt, so wird sie durch das Rad des Cylinders aus dem Zimmer herausströmen und dabei das Rad je nach der Stärke der Strömung in schnellere oder langsamere Rotation versetzen. Da durch das obere Ausströmen der Luft ein Nachströmen von den unteren kälteren Stellen her bedingt wird, so tritt ein Luftwechsel im Zimmer ein. Soll die Strömung durch das Rad unterbrochen werden, so wird der Cylinder durch einen an demselben angebrachten Deckel verschlossen. Vergl. Art. Ventilator.

Radwelle, s. Art. Rad an der Welle.

Räderwerk, Rad und Getriebe. Jede Vorrichtung, bei welcher Räder, d. h. kreisförmige Scheiben, welche an ihrer Peripherie mit Hervorragungen (Zähnen) und Vertiefungen (Zahnlücken) versehen sind, so in einander eingreifen, dass die Bewegung des einen Rades die des anderen zur Folge hat, heisst ein Räderwerk. Auch die gezahnte Stange, welche mit an einer ihrer Seiten angebrachten Zähnen in die Zähne eines Rades eingreift, kann hierher gerechnet werden. Von manchen Seiten zählt man zu den Räderwerken jede Verbindung von Radwellen, von denen die eine ihre Bewegung der anderen mittheilt, wobei es gleichgültig ist, ob die Uebertragung der Bewegung durch unmittelbare Berührung, oder mittelst einer Schnur ohne Ende, oder durch Eingreifen von Zähnen erfolgt. Die letztere Art heisst dann vorzugsweise ein Zahnräderwerk, die zweite Art ein Schnur- oder Riemenräderwerk. In jedem Falle heisst das Rad, von welchem die Bewegung ausgeht, der Treiber oder das Treibrad und das in Bewegung gesetzte das Getriebe oder Triebrad.

A. Berücksichtigen wir hier nur die Zahnräderwerke, so haben wir zunächst nach der Richtung der Zähne gegen die Radfläche mehrere Arten zu unterscheiden. Ein Rad, dessen Zähne in der Richtung der Halbmesser des Rades stehen, heisst ein Stern- oder Stirnrad; ein Rad, dessen Zähne senkrecht auf der Radfläche stehen, Kronrad, wenn die Radfläche mehr oder weniger horizontal liegt, und Kamm-



rad, wenn diese eine mehr oder weniger verticale Lage hat; ein Rad mit gegen die Radfläche geneigten Zähnen, so dass die Oberflächen derselben in der Oberfläche eines abgestumpften Kegels liegen, ein conisches Rad. Zähne, welche in den Radkranz eingesetzt sind, heissen Kämme, hingegen die mit dem Radkranze ein Ganzes ausmachenden schlechthin Zähne. Stellenweis versteht man unter Kämmen auch nur die Zähne der Kron- und Kammräder. Ist das eine von zwei in einander eingreifenden Rädern sehr klein, so arbeitet man gewöhnlich die Zähne mit dem Rade aus einem Stücke, so dass die Zahnlücken als Furchen und die Zähne als Rippen erscheinen. Ein solches Rad heisst ein Kumpf. In anderen Fällen, namentlich wenn die Zähne länger sein müssen, stellt man zwei Radscheiben einander parallel gegenüber und verbindet diese durch Stäbe, welche auf den Scheiben senkrecht stehen. Ein solches Rad nennt man einen Trilling oder Drehling und die als Zähne dienenden Stäbe Triebstöcke.

Wie die in einander eingreifenden Räder auch sein mögen, stets ist die Umfangsgeschwindigkeit des Getriebes gleich der des Treibrades und die Umdrehungszahlen beider verhalten sich umgekehrt wie die Halbmesser. Hieraus folgt, dass die Anzahl der Zähne zweier in einander eingreifender Räder mit den Umdrehungszahlen in umgekehrtem Verhältnisse steht. Ist daher das eine Rad mit seinen Zähnen gegeben und das Umsetzungsverhältniss, d. h. wie viel mal das eine Rad schneller sich drehen soll als das andere, festgesetzt, so ist damit der Halbmesser des zweiten Rades bestimmt.

Denken wir uns die Kraft K, welche das Treibrad in Bewegung setzt, an einem Hebelarme in einer Entfernung K_e von der Axe des Treibrades wirkend und die Last L an der Welle des Getriebrades in einer Entfernung von der Axe des Getriebrades L_e, während der Halbmesser des Treibrades R und der des Getriebrades r ist, so würde — abgesehen von allen Hindernissen — an dem Getriebe eine Kraft x der Last das Gleichgewicht halten, wenn $x : L = L_e : r$ wäre (s. Art. Rad an der Welle). Betrachtet man x als Last für das Treibrad, so würde $K : x = R : K_e$ im Falle des Gleichgewichtes sein. Aus beiden Proportionen folgt: $K : L = L_e R : K_e r$ und also $K = L \cdot \frac{L_e}{K_e} \cdot \frac{R}{r}$, d. h. das Verhältniss der Kraft zur Last beim Gleichgewichte ist dem Verhältnisse aus dem Producte der Lastentfernung und des Halbmessers des Treibrades zu dem Producte der Kraftentfernung und des Halbmessers des Getriebrades gleich.

Wenn auf der Axe des Getriebrades noch ein Rad steht, welches als Treibrad in ein neues Getriebrad eingreift, und auf der Axe dieses zweiten Getriebrades wiederum ein drittes Treibrad angebracht ist, welches in ein drittes Getriebrad eingreift u. s. f., bis an der Axe des

letzten Getriebrades als Welle die Last wirkt, so verhält sich, wenn man die Entfernung der Kraft als r_1, den Radius des ersten Treibrades als r_2, den des ersten Getriebrades als r_3 u. s. f. und die Entfernung der Last als r_{2n} setzt: $K : L = r_2 . r_4 . r_6 \ldots r_{2n} : r_1 . r_3 . r_5 \ldots r_{2n-1}$.

Hat die Last einen Weg gleich einer Umdrehung zurückgelegt und verfolgt man die dann von den einzelnen Rädern verhältnissmässig zurückgelegten Wege bis zu dem von der Kraft durchlaufenen, so ergiebt sich, dass sich der Weg der Kraft zu dem Wege der Last umgekehrt verhält, wie sich Kraft und Last im Zustande des Gleichgewichtes verhalten.

Sind die Treibräder Stirnräder, so pflanzt sich die Bewegung in einer Ebene fort, welche der Ebene des ersten Stirnrades parallel läuft: durch ein Kron- oder Kammrad wird aber die Bewegung in eine Ebene verlegt, welche zu der vorhergehenden senkrecht ist. Durch conische Räder wird eine Verlegung der Bewegungsebene bewirkt, welche zu der vorhergehenden unter einem Winkel geneigt ist, welcher dem doppelten Neigungswinkel der conischen Zähne gegen ihre Radfläche gleich kommt.

Die Anzahl der Zähne an den in einander eingreifenden Rädern wählt man am zweckmässigsten so, dass die Zähnezahl des kleineren Rades kein Factor von der Zähnezahl des grösseren ist, weil dann jeder Zahn des einen Rades mit jedem Zahne des anderen bei eintretender Bewegung in Berührung kommt und mithin ein gleichmässiges Abschleifen der Zähne die Folge ist. Ueber die zweckmässigste Form der Zähne sind viele Untersuchungen angestellt worden. Es haben sich z. B. damit beschäftigt: De la Hire, L. Euler, Camus, Kästner, Eytelwein etc. Als die vortheilhafteste Gestalt der Zähne bei Stirn- und Kammrädern hat man theils eine cycloidische und epicycloidische, theils die Gestalt von Kreisevoluten empfohlen.

B. Die gezahnte Stange wird benutzt, um durch Drehung eines Rades eine geradlinige Bewegung hervorzubringen. Es ist nur nöthig in die an der Seite der Stange angebrachten Zähne die entsprechend gearbeiteten Zähne eines kleinen Stirnrades eingreifen zu lassen. Eine Umdrehung des Rades hat ein Fortschieben der Stange um eine der Peripherie des Rades gleiche Strecke zur Folge. Die einfache Fuhrmannswinde bietet ein Beispiel, und ebenso findet man die gezahnte Stange meistens an den Luftpumpen zur Bewegung der dann gezahnten Kolbenstange. Bei zweistiefeligen Luftpumpen dient dasselbe Rad zur Bewegung beider Kolbenstangen, indem diese in entgegengesetzten Seiten des Rades eingreifen und daher beide auch entgegengesetzte Bewegung machen.

Die an der gezahnten Stange wirkende Last macht sich als Last an dem Rade geltend und es verhält sich daher beim Gleichgewichte

$K : L = r : K_e$, wenn r den Radius des Rades und K_e die Kraftentfernung bedeutet.

Räumliche, das, hat man als das In-, Ausser- und Nebeneinanderseiende erklärt.

Raffiniren bezeichnet die Verbesserung oder Verfeinerung eines Stoffes; z. B. graues Roheisen wird durch das Raffinirfeuer in weisses Roheisen oder Feineisen umgewandelt; Rohstahl wird raffinirt, um ihn gleichartig zu machen, wodurch er an Stärke und Elasticität gewinnt; Zinn wird durch die Raffination von fremden Metallen gereinigt; Silber wird, ehe es in die Münze kommt, raffinirt und enthält dann nur noch Kupfer und vielleicht auch etwas Gold. Ebenso unterwirft man den Zucker, die Oele etc. der Raffination.

Rakete ist ein Körper, der durch die Rückwirkung ausströmender Luft von hoher Spannung in Bewegung, namentlich zum Aufsteigen in oder zum Fliegen durch die Luft, gesetzt wird. Gewöhnlich besteht die Rakete aus einer Hülse aus Papier. Um einen cylindrischen Stab wird auf einer Seite mit Kleister bestrichenes Papier gewickelt und über dem hierdurch erhaltenen Papierrohre in gleicher Weise fortgefahren, bis die Papierhülse die erforderliche Stärke erhalten hat. Die Hülse wird mit dem sogenannten Satze, d. h. mit einer Mischung von Salpeter, Schwefel, Kohlenpulver und Mehlpulver, welche angezündet nicht explodirt, sondern nach und nach abbrennt, gefüllt. Der Satz muss fest eingeschlagen werden, und gewöhnlich erhält derselbe noch in seiner Axe eine Bohrung, damit sich die Entzündung besser fortpflanzt. Die Länge der Bohrung und diejenige des ungebohrt bleibenden Satzes, die sogenannte Zehrung, richtet sich nach dem Caliber des Satzes. Auf die am oberen Ende befindliche Zehrung wird ein Vorschlag von weichem Papiere geschoben und der Raum über derselben mit feinem Jagdpulver gefüllt, welches sich durch ein in dem Vorschlage angebrachtes Loch beim Abbrennen der Rakete entzündet und explodirt. Statt dieses Pulversatzes schiebt man indessen oft eine leichte Büchse von Pappe oben auf die Raketenhülse, die mit Schwärmern oder Leuchtkugeln gefüllt ist. Ein kegelförmiges Hütchen bedeckt schliesslich das obere Ende, damit die Rakete die Luft besser durchschneidet, und an die Hülse wird ein unten überragender vierkantiger Stab von 6 bis 12 Fuss Länge und 8 bis fast 30 Loth Gewicht, je nach der Grösse der Rakete, befestigt, der beim Fliegen der Rakete als Steuer dient.

Die Rakete steigt, unten angebrannt, in Folge der Rückwirkung (s. d. Art.) und wegen des allmäligen Brennens des Satzes mit beschleunigter Geschwindigkeit. Eine Rakete von $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser steigt wenigstens 2200 Fuss; von 3 Zoll über 3750 Fuss; einpfündige Raketen sollen 6800 bis 8580 Fuss hoch gehen und in der Nacht bis auf eine Entfernung von 6 Meilen sichtbar sein.

Der aus der bedeutenden Höhe herabfallende Stab fällt mit beschleunigter Geschwindigkeit und kann daher leicht Unglück anrichten, z. B. einen Menschen tödten. Daher ist bei dem Steigenlassen von Raketen wohl Rücksicht darauf zu nehmen, dass das Niederfallen des Stabes an einer Stelle geschieht, an welcher kein Schaden angerichtet werden kann. Man hat, um dem vorzubeugen, den Stab auch aus lauter Kartenblättern, welche Schwärmer enthalten, gemacht. In diesem Falle entzünden sich diese Schwärmer und zersprengen den aus ihnen zusammengesetzten Stab.

Die Raketen dienen zur Belustigung bei Feuerwerken, ausserdem zu Nachtsignalen und überdies haben sie auch zu Kriegszwecken Verwendung gefunden. Die im Kriege benutzten Brandraketen hat zuerst zu Ende des 18. Jahrhunderts Hyder Ali in Ostindien angewendet, um die feindlichen Elephanten dadurch scheu zu machen. Sie bestanden aus einer eisernen, 6 bis 12 Pfund schweren Röhre mit Raketensatz ausgeschlagen und waren an ein 8 Fuss langes Bambusrohr gebunden. Der Engländer William Congreve verbesserte 1808 diese Raketen, worauf sie unter dem Namen Congrevische Raketen in der englischen Artillerie und später auch in anderen Armeen eingeführt wurden. In neuester Zeit hat man auch beim Walfischfange von den Congrevischen Raketen Anwendung zu machen gesucht.

Eine ganz ähnliche Wirkung in Bezug auf die Bewegung müssen Röhren ausüben, welche anstatt des pulverhaltigen und brennenden Raketensatzes mit einem Stoffe gefüllt sind, der mit grosser Expansivkraft in den luftförmigen Aggregatzustand übergeht, ohne dabei zu explodiren. Ein solcher Stoff ist die feste Kohlensäure und ich habe daher den Vorschlag gemacht, derartige mit fester Kohlensäure gefüllte Raketen nicht nur zur Fortbewegung von Lasten auf der Eisenbahn an Stelle der Dampflocomotive zu gebrauchen, sondern auch mittelst derselben den Luftballon horizontal zu steuern. Vergl. Art. Luftschifffahrt.

Rammbär, s. Art. Ramme.

Ramme heisst eine Maschine, welche namentlich zum Eintreiben von Pfählen, Steinen etc. in die Erde bestimmt ist. Man unterscheidet Handramme und eigentliche Rammmaschine. Das Arbeiten mit der Ramme heisst rammen.

Die Handramme besteht aus einem hölzernen, nach oben etwas verjüngten Cylinder, der unten von einem starken eisernen Ringe umgeben und oben mit einem durchgesteckten, als Handhabe dienenden Stabe versehen ist. Die Handramme wird namentlich beim Pflastern der Strassen gebraucht, um die Steine fest einzutreiben.

Bei der Rammmaschine wird ein Klotz, der sogenannte Rammklotz oder Rammbär oder Hoyer, an einem Seile (Rammtau), welches über eine Rolle geht, emporgezogen und fallen gelassen. Die Rolle ist an einem hinreichend hohen und festen Gestelle oben befestigt. Der

Rammklotz ist entweder ein massiver, mit eisernen Bändern umgebener hölzerner Block, oder er besteht ganz aus Gusseisen. Das Rammtau ist an demselben oben an einem starken eisernen Ringe befestigt und es gehen von demselben noch so viel Seile ab, als Arbeiter zum Ziehen verwendet werden, deren gewöhnlich eine grosse Anzahl erforderlich ist. Jeder Arbeiter hat an seinem Seile eine hölzerne Handhabe und alle ziehen auf Commando mit einem Rucke den Rammklotz empor, so dass er noch über die Zughöhe etwas hinausgeht und dann ungehindert herabfällt. Nach 20 bis 25 Zügen (eine sogenannte Hitze) müssen die Arbeiter wieder ruhen. Statt der Menschenkräfte bedient man sich jetzt häufig der Dampfkraft in der sogenannten Dampframme. Die eigentliche Rammmaschine wird namentlich zum Einrammen von Pfählen bei Wasserbauten und Pfahlrösten gebraucht. Die Wirkung lässt sich nach den Gesetzen des Stosses berechnen.

Rammklotz, **Rammtau** } s. Art. Ramme.

Rapilli, s. Art. Lapilli.

Rapport, magnetischer, bezeichnet die sympathische Verbindung, welche bei dem sogenannten animalischen Magnetismus (s. Art. Mesmerismus) zwischen dem Magnetiseur und den magnetisirten Personen oder zwischen den letzteren unter einander stattfinden sollte. Die von dem Einen oder dem Anderen genommenen Arzneien sollten z. B. auf die in Rapport stehenden Personen eine gemeinschaftliche Wirkung ausüben.

Rast heisst der untere Theil eines Schachtofens (s. d. Art.).

Rastern nennt man an der unteren Elbe dieselbe Erscheinung, welche an der Dordogne Mascara (s. d. Art.) heisst.

Rauch besteht aus Kohle in fein zertheiltem Zustande, welche bei unvollständigem Verbrennungsprocesse durch den emporsteigenden heissen Luftstrom mechanisch fortgeführt wird. Setzt sich die unverbrannte Kohle an den Wänden des Abführungskanals (Schornstein oder Esse) ab, so entsteht der Russ. Je weniger die Luft zu dem Brennraume zuströmt, um so unvollständiger wird die Verbrennung und desto mehr Rauch wird erzeugt. Daher qualmt die gewöhnliche Küchenlampe, während Lampen mit doppeltem Luftzuge und Cylinder ohne Rauch brennen. Eine rauchlose Verbrennung im Grossen zu erzielen, ist ungeachtet vieler Versuche noch nicht vollständig gelungen. Mit dem Rauche darf die Dampfwolke nicht verwechselt werden, welche durch Condensation luftförmigen Wassers entsteht.

Rauch der Berge zeigt sich bei regnerischer Witterung über einzelnen Stellen der Berge in der Form von vereinzelten Nebelmassen, die gewöhnlich sich längere Zeit an demselben Orte halten, wenn auch die Luft in Bewegung ist. Die Nebelbildung muss also ihre Veranlassung in den betreffenden Stellen selbst haben und daher nimmt man an, dass

diese Stellen des Erdbodens durch ihre eigenthümliche Beschaffenheit (besseres oder schlechteres Wärmeleitungsvermögen als bei der Umgebung, oder grösserer Gehalt an Feuchtigkeit) die Wärme in grösserer Menge abgeben oder aufnehmen und dadurch in den über ihnen befindlichen Luftschichten einen Niederschlag bewirken.

Rauch der Moorbrände, s. Art. Haarrauch.

Rauhfrost oder Rauhreif ist ein starker, festgewordener Beschlag, der sich an Ecken und an rauhen Oberflächen so dick anhängt, dass diese — man sieht dies öfters im Winter an den Bäumen — wie verzuckert erscheinen. Er bildet sich bei geringerem Abschlage der Kälte, kann deshalb von längerer Dauer sein und zu bedeutenden Lasten anwachsen. Glatteis (s. d. Art.) bildet sich bei sehr starkem Abschlage der Kälte bis über den Gefrierpunkt, wobei der flüssige Beschlag auf dem noch sehr kalten Boden zu Eis erstarrt; entsteht aber auch bisweilen aus Regen, der sofort gefriert. Der Beschlag ist tropfbarflüssig oder starr. Im ersten Falle fällt er weniger in die Augen, giebt aber einer Landschaft etwas Düsteres, da er Mauern und Baumstämme dunkel färbt. Alle diese Erscheinungen sind in einem plötzlichen Wechsel zwischen den kalten Polar- und warmen Aequatorialströmen begründet. Thau und Reif beruhen auf Abkühlung der von ihnen betroffenen Körper durch Wärmeausstrahlung.

Raum hat man als das In-, Ausser- und Nebeneinandersein erklärt.

Raum, leerer, s. Art. Barometer.

Raum, luftverdünnter / **Raum**, schädlicher } s. Art. Luftpumpe.

Rauminhalt oder Volumen nennt man die Grösse des Raumes oder den bestimmten Raum, welchen ein Körper einnimmt. Der Rauminhalt wird durch Ausmessung der verschiedenen Dimensionen, d. h. der Erstreckungen nach den verschiedenen Richtungen ermittelt, oder bei massiven Körpern bisweilen durch den Gewichtsverlust, welchen sie in einer Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewichte hängend erleiden, oder bei Hohlräumen durch Füllen mit nach einem bestimmten Masse gemessener oder durch Abwägen ermittelter Flüssigkeit. Vergl. Art. Körpermass; ausserdem als Beispiel Calibriren.

Raummass, s. Art. Körpermass.

Raupenregen, d. h. ein Herabfallen von einer grossen Raupenmenge aus der Luft, hat seinen Grund darin, dass diese Thiere durch Sturmwind in grosser Menge fortgeführt worden sind. Bei Neusohl und Eperies in Ungarn soll am 20. November 1672 mit vielem Schnee eine unzählige Menge gelber und schwarzer Raupen, welche noch 3 Tage lebten, herabgefallen sein.

Raute oder Rhombus heisst ein Parallelogramm mit lauter gleich langen Seiten aber nicht durchweg gleich grossen Winkeln.

Rautenglas oder Polyeder oder polyedrisches Glas heisst

ein Glas, welches auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite, während die andere eben ist, mit mehreren kleineren ebenen Flächen versehen ist. Ein solches Glas ist als eine Combination mehrerer Prismen anzusehen und es zeigt daher einen Gegenstand, von welchem Licht hindurch in ein Auge trifft, in soviel Richtungen, mithin vervielfältigt, als verschieden geneigte Flächen vorhanden sind. S. Art. Prisma.

Man wendet diese Gläser entweder als Spielzeug an, wo sie dann in einer besonderen Fassung angebracht werden, oder als Lichtbrecher, z. B. an Kronleuchtern. Ich selbst habe sie zu einer Vervollkommnung des Kaleidoskops in dem Typoskope (s. d. Art.) verwendet.

Rautenmikrometer, das, gehört zu den Fadenmikrometern. S. Art. Mikrometer. 1.

Reaction bedeutet im physikalischen Sinne Rückwirkung (s. d. Art.). In der Chemie versteht man unter Reaction eine Gegenwirkung der Stoffe auf einander, so dass man aus der Art derselben auf das Vorhandensein eines bestimmten Stoffes schliessen kann. Die zu solchen Zwecken vorzugsweise dienenden Stoffe nennt man daher auch vorzugsweise Reagentien.

Reactionsdampfer, s. Art. Dampfschiff. S. 200.

Reactionsrad, s. Art. Rad, Segner'sches und Turbine.

Reactionswirkung, s. Art. Rückwirkung.

Reagens, s. Art. Reaction.

Real'sche Presse, s. Art. Presse. G. Sie beruht darauf, dass der Druck einer Flüssigkeit auf den Boden eines Gefässes mit der Höhe der Flüssigkeit wächst, wie auch das Gefäss sonst gestaltet sein möge. Vergl. Art. Hydrostatik. C.

Rechtläufig nennt man die Bewegung eines Gestirnes, namentlich eines Planeten, wenn sein scheinbarer Lauf unter den Fixsternen der Ordnung der himmlischen Zeichen folgt. Eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne nennt man eine rückläufige. Von der Sonne aus gesehen bewegen sich die Planeten stets rechtläufig, von der Erde aus gesehen wird ihre Bewegung zu Zeiten rückläufig. Unter den Kometen bewegen sich viele auch von der Sonne aus gesehen rückläufig.

Recipient heisst bei der Luftpumpe der — gewöhnlich aus einer Glasglocke bestehende — Raum, in welchen die Körper gebracht werden, mit welchen im luftverdünnten Raume Versuche angestellt werden sollen.

Reciprocatio bedeutet den Zurückgang auf demselben Wege. Es ist z. B. *reciprocatio maris* die Ebbe und Fluth des Meeres.

Reciprocationspendel nannte Gassendi ein (30 Fuss) langes Pendel, an welchem sein Freund Calignon de Peirins eine mit der Ebbe und Fluth zusammenfallende Bewegung bemerkt haben wollte. (Vergl. den vorigen Art.) Die Sache hat sich nicht bestätigt.

Rectascension oder gerade Aufsteigung heisst der Theil

des Himmelsäquators, welcher zwischen dem Frühlings-Tag- und Nachtgleichenpunkte und dem Abweichungs- oder Declinationskreise eines Sternes liegt. Man zählt die Rectascension in der Richtung von Westen nach Osten von 0° bis 360°. Sowie Breite und Länge die Lage eines Ortes auf der Erde bestimmen, bestimmen auch Rectascension und Declination die Stelle eines Sternes am Himmel, denn die Declination wird auf einem grössten Kreise gemessen, welcher durch die Pole des Himmelsäquators und den Stern geht.

Rectification bedeutet die Herstellung oder Instandsetzung einer Sache in den vorschriftsmässigen Verhältnissen, z. B. die richtige Aufstellung eines Instrumentes oder die möglichst beste Herstellung eines Stoffes, z. B. eines Destillates. Bei der Rectification oder bei dem Rectificiren eines Destillates destillirt man wiederholt und fängt das zuerst Uebergehende auf, oder man wendet gewisse Substanzen an, z. B. Kalk, Chlorcalcium etc., welche der zu rectificirenden Flüssigkeit die fremdartigen Beimischungen, namentlich das Wasser entziehen. Vergl. Art. Destillation.

Rectificiren, s. Art. Rectification.

Reduciren heisst in der Physik auf ein bestimmtes Mass oder auf ein bestimmtes Verhältniss zurückführen; der Barometerstand wird z. B. auf die Temperatur 0° C. reducirt. S. Art. Ohm'sches Gesetz wegen der reducirten Länge des electrischen Leitungsdrahtes, Trägheitsmoment wegen der reducirten Masse, Pendel. B. wegen des reducirten Pendels etc.

Reductions-Quadrant, s. Art. Quadrant.

Reflectiren bedeutet zurückwerfen nach bestimmten Gesetzen; den Gegensatz drückt man mit zerstreuen aus. Vergl. Art. Zurückprallung.

Reflector ist eine Bezeichnung für ein grosses katoptrisches Fernrohr oder Spiegelteleskop (s. Art. Fernrohr); man versteht darunter indessen auch überhaupt Spiegel, welche vorzugsweise zu einer kräftigen Zurückstrahlung des Lichtes eingerichtet sind. Die Reflectoren auf Leuchtthürmen sind z. B. von parabolischer Krümmung, weil das von dem Brennpunkte ausgehende Licht bei solchen genau parallel der Axe reflectirt wird. Vergl. Art. Spiegel und Leuchtthurm.

Reflexion, s. Art. Zurückprallung. Wegen der Reflexion des Lichtes vergl. Art. Katoptrik, wegen derjenigen der Wärme Wärme, strahlende, ausserdem Stoss, Wellenbewegung und Schall.

Reflexion, positive und negative, s. Art. Polarisation. A. f.

Reflexion, totale, s. Art. Brechung. A. 1.

Reflexionsanemometer nannte Aimé ein Instrument, um mittelst eines Spiegels den Zug der Wolken und dadurch die Richtung des Windes

in höheren Regionen der Atmosphäre zu bestimmen. Das Instrument besteht aus einem ebenen Spiegel und einer Boussole, die auf einem und demselben Brettchen befestigt sind. Die Boussole ist von 2 zu 2 Grad in 360° getheilt und an dem Nullpunkte steht *N* (Nord). Durch Parallelstriche, die auf der Rückseite des Glases mit dem Diamanten gezogen sind, ist der Spiegel in mehrere Theile getheilt. Einige dieser Striche laufen parallel mit dem nach *N* gehenden Radius der Boussole, andere stehen senkrecht auf diesen. Bei der Beobachtung stellt man das Instrument an einem freien Orte auf, lässt die Magnetnadel frei spielen und beobachtet nun die Bewegung der Wolken im Spiegel, indem man diesen so dreht, dass die Wolken in der Richtung der mit *N* parallelen Striche ziehen und zwar in der Weise, dass die Wolken, welche auf das Zenith zu gehen, von *N* über die Mitte der Boussole sich fort bewegen. Ist diese Spiegelstellung erreicht, so liest man an der Boussole — mit Berücksichtigung der Declination der Magnetnadel — die Richtung ab. Das Auge muss nothwendig während der Beobachtung eine feste Lage haben. Zu diesem Zwecke sind an dem Instrumente kleine zugespitzte Kupferständer angebracht, die beliebig verlängert oder verkürzt werden können. Einer dieser Ständer wird neben dem Spiegel aufgestellt und sein Bild im Spiegel beobachtet, indem man sich so stellt, dass das Bild der Spitze einem Durchschnitte der auf dem Spiegel gezogenen Linien entspricht. Man betrachtet abwechselnd die Wolke und das Bild der Spitze. Geht die Wolke den Linien nicht parallel, so dreht man den Spiegel ein wenig in zweckmässiger Richtung und giebt dem Ständer eine neue Stellung nach der angegebenen Weise.

Unter Umständen eignet sich das Instrument zur Bestimmung der Höhe oder Geschwindigkeit der Wolken. Decken sich nämlich das Bild der Spitze des Ständers und eine kleine Wolke oder eine markirte Stelle einer grösseren Wolke und stellt man sich so, dass beim Fortrücken der Wolke diese Deckung anhält, so wird der von beiden Bildern auf dem Spiegel zurückgelegte Weg (c) sich zu dem in Wirklichkeit von der Wolke durchlaufenen Wege (C) verhalten wie die Höhe der Spitze über dem Spiegel (h) zur Höhe der Wolke (H) über dem Beobachter, also $c : C = h : H$. Der von der Wolke durchlaufene Weg dividirt durch die Zeit giebt ferner die Geschwindigkeit derselben. Die hierzu nöthigen Data erhält man aber mittelst einer Secundenuhr und aus dem gemessenen Abstande der Striche auf dem Spiegel.

Reflexionsebene heisst die Einfallsebene, d. h. die Ebene, in welcher der einfallende Strahl und die Senkrechte liegen, welche man in dem Einfallspunkte auf der getroffenen Fläche errichtet.

Reflexionsgesetz, s. Art. Zurückprallung.

Reflexionsgoniometer, s. Art. Goniometer.

Reflexionswinkel heisst der Winkel, welchen der reflectirte Strahl mit dem Einfallslothe bildet. S. Art. Zurückprallung.

Refraction oder Brechung (des Lichtes, des Schalles, der Wärme), s. Art. Brechung.

Refraction, conische, s. Art. Brechung. A. III. S. 121.

Refractor wird ein grösseres dioptrisches Fernrohr genannt. S. Art. Fernrohr.

Refrigerator nannte Gedda eine das Kühlfass vertretende Abkühlungsvorrichtung für die Destillation des Weingeistes, die jetzt hier und da nur noch in Laboratorien Verwendung findet. Ein Doppelkegel oder Doppelcylinder steht in einem mit kaltem Wasser angefüllten Gefässe und die Dämpfe der zu destillirenden Flüssigkeit, welche condensirt werden sollen, strömen in denselben ein. Auch andere Abkühlungsvorrichtungen bezeichnet man mit dem Namen Refrigerator.

Regel, güldene, der Mechanik lautet: In demselben Verhältnisse, in welchem man bei einem Systeme festverbundener Punkte, z. B. bei einem Hebel, sobald Gleichgewicht stattfindet, an Kraft gewinnt, verliert man bei eintretender Bewegung an Geschwindigkeit, und umgekehrt. Vergl. Art. Hebel.

Regel, Richmann'sche, s. Art. Richmann'sche Regel. Ebenso ist in anderen Fällen der Name des betreffenden Mannes, nach welchem die Regel benannt ist, für die Stelle des Artikels massgebend.

Regen nennt man das Wasser, welches meist in der Form kugelförmiger Tropfen in grösserer oder geringerer Quantität aus der Atmosphäre auf die Oberfläche der Erde herabfällt.

Die atmosphärische Luft enthält stets Wasser im luftförmigen Zustande, da bei jeder Temperatur eine Verdunstung des auf der Erde befindlichen Wassers stattfindet. Die Luft kann aber bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Dampf höchstens aufnehmen (s. Art. Dampf und Dampfbildung). Hat die Luft die ihren Temperaturverhältnissen entsprechende Menge luftförmigen Wassers aufgenommen, so ist sie gesättigt. Ist dies nicht der Fall, tritt aber eine Temperaturerniedrigung ein, so kann die vorhandene Dampfmenge zur Sättigung ausreichen oder wohl gar mehr denn ausreichend sein. Im letzteren Falle wird der Ueberschuss condensirt, d. h. tropfbarflüssig, und dies condensirte Wasser wird aus der Luft herabfallen.

Es fragt sich also zunächst bei der Regenbildung, wie gross die vor dem Eintritte des Regens vorhandene Menge des luftförmigen Wassers ist. Diese Frage zu beantworten ist Aufgabe der Hygrometrie, und der betreffende Artikel giebt hierüber den nöthigen Aufschluss. — Die nächste Frage ist, wodurch die Temperaturerniedrigung herbeigeführt werden kann, welche eine Condensation zur Folge hat. Hierbei spielen die aus verschiedenen Richtungen wehenden Winde die Hauptrolle. Kommt nämlich ein kalter Luftstrom in eine noch nicht mit Wasserdampf gesättigte Luft, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass durch die hierdurch herbeigeführte Temperaturerniedrigung der Punkt der Sättigung über-



schritten wird. Andererseits kann der Fall eintreten, dass ein warmer Luftstrom, welcher viel Wasserdampf enthält, in eine Gegend strömt, in welcher die Luft eine niedrigere Temperatur besitzt, und es wird also auch hier die Möglichkeit eintreten können, dass die in dem warmen Luftstrome vorhandene Menge des Wasserdampfes den Sättigungspunkt überschreitet. Die Uebersättigung in diesen beiden Fällen kann überdies um so eher eintreten, als die Expansivkraft des Wasserdampfes, welche der Mischtemperatur der beiden Luftmassen entspricht, stets geringer ist als das Mittel aus den Expansivkräften des Wasserdampfes in den noch nicht gemischten Luftmassen. Eine Sättigung der Luft lediglich in Folge der Verdunstung dürfte nur ausnahmsweise eintreten, jedenfalls aber keine Uebersättigung.

Der Vorgang bei der Condensation bis zur Bildung herabfallender Regentropfen ist nun — wie man sich in bergigen Gegenden leicht überzeugen kann — der, dass sich zunächst hohle Wasserbläschen (s. Art. Dampfbläschen) bilden. Diese Bläschen können nun entweder durch Verdickung der Bläschenhülle, oder durch Vereinigung zusammenstossender Bläschen zu Tropfen werden. Da, wo die Bläschenform noch vorherrscht, findet sich Nebel (s. d. Art.), und dieser in den höheren Luftregionen schwebende Nebel ist nichts anderes als die Wolke. Die Bläschen sowohl als die Tropfen fallen herab, nur ist das Fallen um so schneller, je voller und tropfenähnlicher die Bläschen und je grösser die Kügelchen geworden sind. Eine Wolke ist überhaupt nichts Bestehendes, sondern es herrscht in ihr eine ununterbrochene Bewegung.

Fallen die Bläschen und Tropfen fortwährend herunter, so scheint es, als ob aus jeder Wolke Regen zur Erde herabfallen, als ob also jede Wolke regnen müsste, und dem ist doch bekanntlich nicht so. Dies erledigt sich auf folgende Weise. Fällt das Wasser aus einer frei schwebenden Wolke, so fällt es zunächst durch eine noch nicht mit Wasserdampf gesättigte Luftschicht, wie sich daraus ergiebt, dass diese Schicht noch klar ist. Das fallende Wasser wird also hier so lange wieder verdunsten, bis die bis zur Erde reichende klare Luftschicht auch mit Dampf gesättigt ist. Daher sieht man, wenn die unteren Luftschichten sehr weit von dem Sättigungspunkte entfernt sind, die Wolke sich nach unten durch Regenstreifen vergrössern, ehe der Regen bis zur Erde herabgelangt; ebendeshalb fallen auch bei einem eigentlichen Platzregen erst kleinere und vereinzelte Tropfen. Ist endlich die Sättigung der Luft bis zur Erde hin eingetreten, so muss die Masse des aus der Wolke herabfallenden Wassers gegen den Boden hin zunehmen; denn die Tropfen gelangen mit der oben herrschenden niedrigeren Temperatur in die untere nun gesättigte Luft und veranlassen an ihrer Oberfläche eben wegen ihrer niedrigeren Temperatur eine Condensation. Die Tropfen vergrössern sich daher im Fallen. Die untere Luftschicht bleibt nun gesättigt, weil sie immer mehr abgekühlt wird und ihr Sättigungsvermögen

daher abnimmt, weil sie ferner von dem nassgewordenen Boden durch Verdunstung noch mehr Wasserdampf erhält. Bei bedecktem Himmel hört daher der Regen nicht auf; es muss vielmehr ein Temperaturunterschied eintreten, der die Wolkenbildung unterbricht, und dies geschieht durch eine Aenderung der Luftströmung.

Die Grösse der Regentropfen ist sehr verschieden; im Frühlinge und Herbste sind sie am kleinsten. Je grösser die Höhe ist, aus welcher der Regen herabfällt, desto mehr Wasser muss verdampfen und desto längere Zeit wird vergehen, ehe die Luft zwischen der Regenwolke und dem Boden mit Wasserdampf gesättigt ist, desto später wird daher die Vergrösserung der fallenden Tropfen mit ihrer Annäherung an den Boden eintreten. In dem Gesammtbetrage des Regens für eine längere Zeit, etwa für einen Tag, wird deshalb die Zunahme innerhalb der unteren Luftschicht weniger betragen. Nun ist die mittlere Höhe der Wolken Nachmittags grösser, als zu anderen Tageszeiten, und im Sommer grösser als im Winter, während der Uebergänge südlicher und nördlicher Luftströme (Aequatorial- und Polarströme) in einander grösser, als während der Entwickelung des Aequatorialstromes; man hat also zu erwarten, dass der Unterschied der Regenmessung in verschiedenen Höhen über dem Boden eine tägliche und jährliche Periode habe und von der Windrichtung abhänge. Es erklärt sich hieraus eine grössere Anzahl von Erscheinungen. Wassertropfen aus Nebel fallend sind kleiner, als die aus Wolken fallenden, da der Nebel eine auf der Erde ruhende Wolke ist. In den Aequatorialgegenden sind die Wolken höher und überdies ist die Luft, wegen der höheren Temperatur, wasserdampfhaltiger; folglich fallen dort Tropfen von bedeutender Grösse. An demselben Orte ist die Regenmenge unten grösser, als an einem vertical höher gelegenen Orte.

Bisweilen fallen Regentropfen bei ganz heiterem Himmel. Wahrscheinlich sind solche Tropfen aus Eistheilchen hervorgegangen, die in den höheren, kälteren Regionen entstehen und in den unteren, wärmeren Luftschichten schmelzen; oder sie sind durch den Wind aus einer entfernteren Wolke nach einer wolkenfreien Gegend geführt worden.

Zur Ermittelung der Menge des an einem Orte innerhalb einer bestimmten Zeit gefallenen Regens bedient man sich besonderer Instrumente, die man Regenmesser (Udometer, Ombrometer, Hyetometer) nennt. Ueber die Einrichtung dieser Instrumente handelt Art. Regenmesser. An dieser Stelle soll Näheres über die Regenverhältnisse der verschiedenen Gegenden noch angegeben werden.

Da die Wärme der Atmosphäre die Verdunstung des Wassers begünstigt und der Regen von der in der Atmosphäre enthaltenen Menge des Wasserdampfes abhängt, so müssen im Allgemeinen wärmere Länder stärkere Niederschläge liefern als kältere. Am öftersten wird es aber in den Gegenden regnen, wo die meisten Temperaturwechsel herrschen.

Daher nimmt im Allgemeinen die jährliche Regenmenge vom Aequator aus mit steigender Breite ab, während für die Anzahl der Regentage das Umgekehrte gilt.

In der Region der Calmen, wo der aufsteigende Luftstrom die feuchte warme Luft der Tiefe in die höheren, kalten Regionen der Atmosphäre führt, herrschen die Regen, während nördlich und südlich in der Gegend der Passate heiteres Wetter ist. Die Region der Calmen (s. d. Art.) ist aber Veränderungen unterworfen. Die Dauer der tropischen Regen in einer Gegend hängt daher von der Dauer der Aufnahme dieser Gegend in die der Calmen ab. Dove sagt: Rückte die Gegend der Windstillen eben so weit herauf und herunter, als die Abweichung der Sonne sich ändert, so würde jeder Ort zwischen den Wendekreisen einmal in einen der beiden Passate aufgenommen werden und zweimal durch die Gegend der Windstillen hindurchgehen, er würde also zwei trockne und zwei nasse Jahreszeiten haben. Am Aequator würden diese Regenzeiten ein halbes Jahr von einander abstehen, je näher den Wendekreisen aber um immer ungleicher werdende Zeitabschnitte, die an den Wendekreisen selbst in einen einzigen zusammenfallen würden. Diese Gegenden würden daher eine tropische Regenzeit haben bei höchstem Sonnenstande, ausserdem aber eine subtropische bei niedrigstem Sonnenstande, darunter diejenigen Regen verstanden, welche sie empfangen würden, wenn sie ganz aus den äusseren Grenzen des Passats heraus träten. Das entgegengesetzte Extrem würde eintreten unter der Voraussetzung einer sich nicht ändernden oder überhaupt nicht stattfindenden Abweichung der Sonne, in welchen Fällen am Aequator eine Zone permanenter Regen sich finden würde, zu beiden Seiten eingefasst von zwei stets regenlosen Passatgürteln, in welchen, da die Luft stets von kälteren Gegenden nach wärmeren strömt, sich die Fähigkeit derselben, Wasser aufzunehmen, stets erhöht, also keine Veranlassung zum Niederschlage vorhanden ist. Beide Extreme finden ihre annähernde Verwirklichung, dieses in der Zone fast permanenter Regen, in der sogenannten Regenzone im atlantischen Oceane in der Nähe des Aequators, im Gegensatze zu dem regenlosen Wüstengürtel Afrikas, jenes in der grossartigen Periodicität aller klimatischen Erscheinungen in dem Gebiete der indischen Monsoons. — Wäre die Grösse der Verschiebung in den einzelnen Jahren stets dieselbe und erfolgte sie in gleicher Weise, so würden der Anfang und das Ende der Regenzeit, so wie die Menge des herabfallenden Wassers unveränderlich sein. Dies ist aber nicht der Fall. Orte, welche in der Mitte der Passatzone liegen, können bei einer in einem bestimmten Jahre unverhältnissmässig geringen seitlichen Bewegung der Zwischenzone möglicher Weise gar nicht in dieselbe aufgenommen werden und empfangen mithin keine tropischen Regen, während hingegen dann dem Aequator nahe gelegene Orte möglicher Weise das ganze Jahr aus jener Zone gar nicht heraustreten würden

und ihre trockene Jahreszeit verlören. Die Momente des Ueberganges der einen Jahreszeit in die andere werden also in einzelnen Jahrgängen sehr verschieden ausfallen, überhaupt bei der Mächtigkeit der Niederschläge die absolute Menge des Niederschlages eine sehr veränderliche sein. Dies zeigt sich in der Reichlichkeit oder Dürftigkeit der Ernten, die bei der Geringfügigkeit der Temperaturschwankungen solcher Orte allein vom Regen abhängen, während in der gemässigten Zone der Einfluss der Feuchtigkeit weniger entschieden hervortritt, hier nur die äussersten Extreme verderblich sind und die Wärme unbedingt als Hauptmoment gilt.

Um sich von den tropischen Regenverhältnissen ein lebhaftes Bild zu verschaffen, folgt hier die Schilderung, welche A. v. Humboldt in seiner Reise gegeben hat. Im amerikanischen Binnenlande östlich von den Cordilleren von Merida und Neu-Granada, in den Llanos von Venezuela und des Rio Meta, vom 4. bis 10. Grade n. Br., ist der Himmel vom December bis Februar so vollkommen heiter, dass auch das geringste Wölkchen die Aufmerksamkeit der Bewohner erregt. Gegen Anfang des März zeigt sich der Himmel minder dunkelblau, die Sterne erscheinen weniger hell, und hygroskopische Substanzen zeigen Spuren grösserer Feuchtigkeit der Atmosphäre; der beständige Nordostwind wird durch Windstille unterbrochen, es sammeln sich Wolken in S. S. O., die sich zuweilen vom Horizonte loszureissen scheinen und dann mit unglaublicher, der schwachen Bewegung der unteren Luftschichten keineswegs angemessener Geschwindigkeit die oberen Regionen des Himmels durchlaufen. Am Ende des März gewahrt man zuweilen gegen Süden kleine electrische Explosionen, wie phosphorische, auf eine einzige Dunstgruppe beschränkte Funken; es treten mehrere Stunden anhaltende West- und Südwest-Winde ein, und diese sind sichere Vorzeichen der beginnenden Regenzeit, die am Orinoco gegen Ende Aprils anfängt. Gleichzeitig erreicht die Hitze den höchsten Grad, die Luftelectricität, die sonst regelmässig positiv zu sein pflegt, verschwindet und geht zuweilen in negative über, und täglich herrschen Gewitter, von den heftigsten Regengüssen begleitet. Es ist jedoch ein falsches Vorurtheil, wenn man glaubt, diese Regen dauerten ganze Tage und Wochen ohne Unterbrechung, vielmehr vergeht kaum ein Tag, wo nicht die Sonne wieder hervorkommt, und die Hitze bei grösster Feuchtigkeit der Luft einen unausstehlichen Grad erreicht. In der angegebenen Gegend erfolgt das Aufsteigen der Gewitter in der Regel zwei Stunden nach Mittage, höchst selten hört man den Donner am Morgen oder während der Nacht. Auch hört der Regen gegen Abend auf, da er gleich nach dem Anfang der Gewitter die grösste Heftigkeit erreicht.

Ueber die Vertheilung des Regens auf der Oberfläche der Erde hat Dove am eingehendsten in der Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, neue Folge, Bd. II. Heft 1 geschrieben; ausserdem verweisen wir auf

dessen: Klimatologische Beiträge, Theil I. Hier können wir nur die Hauptresultate hervorheben.

In der subtropischen Zone erscheinen die Regen erst dann, wenn die Temperatur im Winter bedeutend sinkt und die Temperaturdifferenz gegen die Aequatorialgegenden grösser und bedeutender wird. Die Ursache dieser Regen scheint dann keine andere zu sein als die, welche sie bis zum Pole hin bewirken, nämlich auf der nördlichen Halbkugel die Erkaltung der von Südwest aus tropischen Gegenden oder niederen Breiten heraufdringenden wärmeren Luft und mit ihr des Dampfes. Aus dieser Ursache tritt der Regen in Deutschland und Frankreich früher ein als in Spanien und Italien, und hier wieder früher als z. B. auf den canarischen Inseln.

In der gemässigten Zone ist der Wech el von trockener und nasser Witterung ein unbestimmter oder wenigstens nur im Mittel bestimmbar. Man kann annehmen, dass bei nördlicher Abweichung der Sonne, wo die ganze Erscheinung des Passats am weitesten nördlich liegt, die oberen Luftströme in grösster Mächtigkeit den Boden erst im mittleren Europa berühren und daher hier im Kampfe derselben mit den nördlichen Luftströmen das meiste Wasser herabfällt; dass zur Zeit der Herbstnachtgleiche diese Ströme erst südlicher den Boden fassen und daher die nördlichen Küstenländer des mittelländischen Meeres in den Herbstmonaten die mächtigsten Niederschläge haben; dass bei südlicher Declination der Sonne das Herabkommen der Ströme im Extrem vorhanden sein wird und daher die Regen der subtropischen Zone in Nordafrika Winterregen sind; endlich dass zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche die Erscheinungen denen der Herbstnachtgleiche ähnlich sein werden, also dem Herbstregen Südeuropas eine Frühlingsregenzeit entsprechen muss. Dove gelangt hieraus zu dem Gesammtresultate: Die Winterregenzeit an den Grenzen der Tropen tritt, je weiter wir uns von diesen entfernen, immer mehr in zwei, durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima auseinander, welche in Deutschland in einem Sommermaximum wieder zusammenfallen, wo also temporäre Regenlosigkeit vollkommen aufhört.

Es leuchtet ein, wie wichtig bei diesen Verhältnissen das Dove-sche Drehungsgesetz (s. d. Art.) ist. Den Zusammenhang zwischen dem Wechsel von Regen und Trockenheit und der Winddrehung hat man in sogenannten nephischen Windrosen darzustellen gesucht. Wir besitzen indessen solche Windrosen nur für Hamburg von Buek, für Carlsruhe von Eisenlohr und für London von Dove. Danach fällt an diesen Orten der meiste Regen bei SW., der wenigste bei Ostwind. Zu Hamburg und Carlsruhe ist ein stetiger Uebergang zwischen dem Maximum und Minimum in Hinsicht der Häufigkeit des Regens; zu London zeigt sich ausser dem Maximum bei SW. noch ein schwächeres

bei NW. und ein noch geringeres bei SO., auch fällt das absolute Minimum nicht auf O., sondern auf N.

In Betreff der Temperatur eines Regenwindes hat sich ergeben, dass dieselbe bei Winden der Westseite der Windrose niedriger und bei denen der Ostseite höher als die mittlere Temperatur des Windes ist.

Ein Einfluss der Mondphasen auf den Regen, wie auf die Bewölkung überhaupt, hat sich aus langjährigen Beobachtungen für Augsburg, Stuttgart, München, Carlsruhe und Strassburg entschieden herausgestellt. Auf den zweiten Octanten, also zwischen das erste Viertel und den Vollmond, fällt das Maximum der Regentage, auf den vierten Octanten das Minimum derselben. In anderen Gegenden scheinen die Verhältnisse indessen anderer Art zu sein und z. B. in Frankreich der meiste Regen zwischen dem letzten Viertel und dem Neumonde, der wenigste zwischen dem ersten Viertel und dem Vollmonde zu fallen.

Ueber besondere Arten des Regens, z. B. Blutregen, Schwefelregen etc., s. die betreffenden Artikel; ebenso über den Gewitterregen Art. Gewitter.

Regen, electrischer, wird auch der als electrische Spielerei bekannte Erbsentanz genannt. S. Art. Puppentanz.

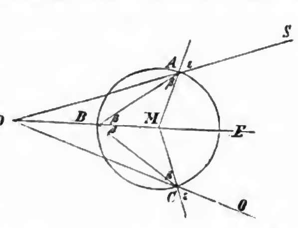
Regenbogen heisst die bekannte prächtige Lichterscheinung, die man in einer Anzahl verschiedenfarbiger concentrischer Bogen wahrnimmt, wenn man mit dem Rücken gegen die Sonne gewendet eine abziehende regnende Wolke, die von der Sonne beleuchtet wird, betrachtet. Die Erscheinung ist am schönsten, wenn die Sonne nicht zu hoch steht. Die farbigen Bogen sind Kreisbogen, deren Mittelpunkt auf der von dem Mittelpunkte der Sonne durch das Auge des Beobachters gezogenen geraden Linie liegt. Die Farben folgen in der Ordnung des Spectrums auf einander (roth, orange, gelb, grün, blau, violett), Roth aussen und Violett innen liegend. Der Radius des rothen Bogens erscheint unter einem Winkel von 42° 22′ 38″, der des violetten unter 40° 28′ 48″.

Gewöhnlich erblickt man concentrisch mit diesem Hauptregenbogen ausserhalb desselben noch einen zweiten, den Nebenregenbogen, dessen Farben matter sind und in umgekehrter Ordnung liegen. Der Radius der rothen Strahlen erscheint hier unter 50° 21′ 8″ und derjenige der violetten unter 53° 45′ 34″. Selten sieht man noch einen zweiten oder dritten Nebenregenbogen, deren Farben noch schwächer als im ersten sind. — Stücke eines Regenbogens in der Nähe des Horizontes nennt man Regengallen.

Das Auftreten der Farben bei dem Phänomen ist ein sicherer Hinweis, dass dasselbe in einer Brechung des Lichtes in den Regentropfen begründet sein muss, indessen muss auch eine Spiegelung dabei in Betracht gezogen werden und zwar eine Reflexion im Innern des Tropfens, da das farbige Licht von den fallenden Tropfen zurückkehrt. Die rich-

tige Erklärung konnte daher erst nach Newton's Untersuchungen über die Farben (s. Art. Farben) gegeben werden und diese hat auch Newton selbst in ziemlicher Vollständigkeit geliefert. Vorläufer waren Theoderich aus Freiberg, Marc. Ant. de Dominis (1611), Marcus Marci (1648) und Cartesius. Eine höchst interessante Ableitung des Phänomens durch blosse Construction hat in neuerer Zeit Schellbach gebracht (s. darstellende Optik von Engel und Schellbach).

Zur Erklärung legen wir die beistehende Figur zu Grunde. Trifft auf den durch den Kreis vorgestellten Regentropfen ein Lichtstrahl in der oberen Hälfte des Tropfens auf, so dass AB der gebrochene Strahl ist; so wird ein Theil des Lichtes in B gespiegelt, und dieser Strahl BC wieder zum Theil in C gebrochen, so dass er in der Richtung CO aus dem Tropfen austritt. Nennen wir den Einfallswinkel bei $A = \varepsilon$, den zugehörigen Brechungswinkel β und den Winkel, welchen der verlängerte Einfallsstrahl SA mit dem bei C austretenden Strahle CO bei D bildet, d; so ist $d = 4\beta - 2\varepsilon$. Denn zieht man von B durch den Mittelpunkt M eine gerade Linie, so geht diese durch D und es ist $\angle AME = \angle ADM + \angle DAM$, d. h. $2\beta = \frac{1}{2}d + \varepsilon$. Ist nun das Brechungsverhältniss zwischen Luft und Wasser für rothe Strahlen $= 1{,}33\ldots$; so ist $\sin\varepsilon = 1{,}33\ldots \sin\beta$. Setzt man für ε die Werthe 10°, 20°, 30° bis 90° und berechnet die sich dann ergebenden Werthe für β und d, so erhält man folgende Resultate.



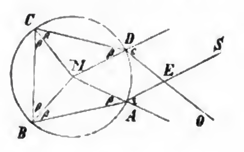
ε	β			d			ε	β			d		
10	7°	30'	7'',5	10°	—	30''	60	40°	37'	41'',2	42°	30'	44'',8
20	14	54	6	19	36'	24	70	44	57	13,5	39	48	54
30	22	4	56,7	28	19	46,8	80	47	46	13,3	31	4	53,2
40	28	54	3,9	35	36	15,6	90	48	45	12,5	15	—	50
50	35	10	4,2	40	40	16,8							

Führt man dieselbe Rechnung für violette Strahlen, für welche das Brechungsverhältniss 1,34 ist, aus, so erhält man Folgendes:

ε	β			d			ε	β			d		
10	7°	26'	44'',8	9°	46'	59'',2	60	40°	15'	44'',2	41°	2'	56'',8
20	14	47	16,5	19	9	6	70	44	31	42,3	38	6	49,2
30	21	54	32,5	27	38	20	80	47	18	5	29	12	20
40	28	39	55,1	34	39	40,4	90	48	16	5,4	13	4	21,6
50	34	52	1,5	39	28	6							

Aus diesen Rechnungen ersieht man, dass von $\varepsilon = 10^0$ bis zu $\varepsilon = 60^0$ der Werth für d immer grösser, dann aber bis 90^0 hin wieder kleiner wird. Durch Interpolation findet man das Maximum der Ablenkung für rothe Strahlen und bei Zugrundelegung des genauen Brechungsexponenten 1,33095 genau $42^0\ 22'\ 38''$ bei einem Einfallswinkel von $59^0\ 31'\ 47''$, ebenso für violette Strahlen mit dem Brechungsexponenten 1,34417 genau $40^0\ 28'\ 48''$ bei einem Einfallswinkel $\varepsilon = 58^0\ 45'\ 46''$. Nun ist für Einfallswinkel, welche demjenigen nahe kommen, für welchen die Ablenkung ein Maximum ist, die Ablenkung fast ganz dieselbe; es tritt daher eine ziemliche Anzahl dieser Strahlen fast parallel aus dem Tropfen, während die unter einem mehr abweichenden Einfallswinkel auffallenden Strahlen bei ihrem Austritte stärker divergiren. Bei der in den Punkten A, B und C eingetretenen Lichtschwächung können die divergirend austretenden Strahlen keinen merklichen Lichteindruck hervorbringen, wohl aber die unter dem Maximum der Ablenkung gewissermassen in einem compacten Bündel austretenden: folglich wird man an der Stelle der Regentropfen, welche solche Bündel in das Auge senden, eine rothe, respective violette Färbung wahrnehmen. Dasselbe gilt offenbar auch für die zwischen Roth und Violett liegenden Farben. Da nun dasselbe für alle Regentropfen gelten muss, welche zu der Linie, die von der Sonne durch das Auge des Beobachters geht, dieselbe Lage haben, und diese sich in einem Kegelmantel befinden, dessen Spitze im Auge des Beobachters liegt und dessen Axe eben jene Linie ist, so wird man farbige Kreise oder wenigstens Bogen derselben erblicken. — Da der Kegel für violette Strahlen spitzer ($40^0\ 28'\ 48''$) als der für rothe ($42^0\ 22'\ 38''$) ist, so wird der violette Bogen — wie es auch in Wirklichkeit ist — innerhalb des rothen liegen und zwar etwa um 2^0 entfernt, nämlich $42^0\ 22'\ 38'' - 40^0\ 28'\ 48'' = 1^0\ 53'\ 50''$. Dazwischen werden die übrigen Farben des Spectrums ihre Stelle einnehmen. — Da die Sonne kein Punkt ist, sondern unter einem Winkel von etwa 30 Minuten erscheint, so werden die einzelnen Farben als ebenso breite, freilich sich theilweise deckende, Bänder erscheinen. — Je niedriger die Sonne steht, desto grösser wird der über dem Horizonte liegende, also sichtbare Theil der farbigen Kreise sein, wie man sich leicht überzeugt, wenn man in der obigen Figur auf einem Punkte des Strahles CO das Auge annimmt und durch denselben Punkt mit SA eine Parallele und ausserdem eine den Horizont repräsentirende Linie zieht. Hieraus ersieht man, dass bei einer Sonnenhöhe von $42^0\ 22'\ 38''$ und darüber der Regenbogen ganz unter dem Horizonte liegt, und daraus erklärt sich, warum man zu Mittag, also bei dem höchsten Sonnenstande im Laufe eines Tages, nicht leicht einen Regenbogen wahrnimmt, wohl aber die schönsten gegen Abend. Es ist sogar möglich, von einem recht hohen Standpunkte aus bei niedrigem Sonnenstande den Regenbogen sich fast zum Kreise schliessen zu sehen.

Verfolgen wir den Weg eines im unteren Theile eines Regentropfens eintretenden Sonnenstrahles in ähnlicher Weise, wie eben den eines im oberen Theile eintretenden, und legen wir dabei ebenfalls eine Figur zu Grunde, so finden wir die Erklärung des Nebenregenbogens. Es sei *SA* der auffallende Lichtstrahl und *AB* der dazu gehörige gebrochene; so wird ein Theil des Lichtes in *B* gespiegelt und den Weg *BC* nehmen, hier wieder zum Theil gespiegelt und den Weg *CD* einschlagen, aber in *D* wird der aus dem Tropfen austretende Strahl, da er die Richtung *DO* nach unten erhält, in ein unten in dieser Richtung stehendes Auge gelangen. Nennen wir den Einfallswinkel bei *A* wieder ε und den zugehörigen Brechungswinkel β, so ist der Winkel *DEA*, welchen der bei *D* austretende Lichtstrahl mit dem einfallenden Strahle *SA* bildet, und den wir wieder d nennen wollen, $d = 180^0 + 2\varepsilon - 6\beta$. Es ist nämlich $\angle A + \angle B + \angle C + \angle D + \angle E = 5.\,180^0 - 2.\,180^0 = 540^0$; $\angle B = \angle C = 2\beta$ und $\angle BAE = \angle CDE = \beta + \angle MDE = \beta + 180^0 - \varepsilon$; folglich $\angle E = d = 540^0 - (4\beta + 2\beta + 360^0 - 2\varepsilon) = 180^0 + 2\varepsilon - 6\beta$. — Führen wir nun wieder für $\varepsilon = 10^0$, 20^0 bis 90^0 die Berechnung von β und d aus, so erhalten wir folgende Resultate, wo die Werthe von d nur für $\varepsilon = 40^0$ bis 90^0 aufgeführt sind, da sich aus diesen schon der wesentliche Punkt ersehen lässt.



ε	*d* für rothe Strahlen.			*d* für violette Strahlen.		
40	86⁰	35′	36″,6	88⁰	—	29″,4
50	68	59	34,8	70	47′	51
60	56	13	52,8	58	25	34,8
70	50	16	39	52	49	46,2
80	53	22	46,7	56	11	30
90	67	28	45	70	23	27,6

Wir sehen, dass die Ablenkung der Strahlen für $\varepsilon = 40^0$ bis 70^0 abnimmt und dann wieder zunimmt; es liegt also in der Gegend, wo die Strahlen unter 70^0 einfallen, ein Minimum der Ablenkung. Eine genauere Bestimmung dieses Minimums ergiebt für rothe Strahlen $d = 50^0\ 21'\ 8''$ bei $\varepsilon = 71^0\ 54'\ 31''$ und für violette Strahlen $d = 53^0\ 45'\ 34''$ bei $\varepsilon = 71^0\ 29'\ 2''$. Folglich ergiebt sich in ähnlicher Schlussweise wie vorher bei dem Hauptregenbogen ein zweiter Regenbogen. Dies ist der erste Nebenregenbogen mit umgekehrt liegenden Farben, als bei dem Hauptregenbogen, da hier das Minimum für violette Strahlen bei einem grösseren Werthe von d eintritt, als für rothe; von grösserem Halbmesser, da die Kegel zwar dieselbe Axe haben, aber stumpfer sind; von grösserer Breite, da $53^0\ 45'\ 34'' - 50^0\ 21'\ 8''$

$= 3^0\ 24'\ 26''$ ist, während wir bei dem Hauptregenbogen nur $1^0\ 53'\ 50''$ erhielten; endlich von matterem Lichte, weil hier zwei innere Reflexionen und vorher nur eine einzige eingetreten sind, was einen grösseren Lichtverlust zur Folge haben muss.

Diese hier für den Hauptregenbogen und ersten Nebenregenbogen durchgeführte Rechnung nebst den darauf sich gründenden Schlüssen kann man noch weiter fortführen für den Fall, dass drei, vier, fünf etc. innere Spiegelungen eintreten. Für drei Spiegelungen würde $d = 360^0 + 2\varepsilon - 8\beta$ und überhaupt für n Spiegelungen $d = (n - 1)\ 180^0 + 2\varepsilon - 2\ (n + 1)\ \beta$ werden. Hierdurch würde man die ferneren Nebenregenbogen erhalten, aber es leuchtet auch zugleich ein, dass diese mit zunehmender Anzahl der Spiegelungen immer lichtschwächer werden müssen und daher nicht leicht zur Wahrnehmung kommen können.

Dass nicht nur die im Regen aus den Wolken herabfallenden Tropfen Regenbogen erzeugen können, ist an sich klar. Man beobachtet Regenbogen auch bei Springbrunnen und Wasserfällen, wenn man nur die richtige Stellung zur Sonne wählt. Bei Wasserfällen kann man auch am leichtesten, wenn nur der Standpunkt hoch ist und die Sonne niedrig steht, den vollen Regenbogenkreis wahrnehmen. Auch mit Glaskugeln kann man den Regenbogen nachbilden.

Bei genauerer Betrachtung eines Regenbogens erblickt man ausser den gewöhnlichen farbigen Bogen noch eine Reihe von anderen, secundären Bogen, die concentrisch mit jenen, namentlich an der inneren Seite des Hauptregenbogens klar hervortreten. Diese secundären oder überzähligen (Supernumerar-) Bogen reichen nicht bis zum Horizonte herab, sondern zeigen sich mit einigermassen lebhaftem Glanze nur an der oberen Wölbung des Hauptregenbogens. Namentlich nimmt man eine Reihe von grünen und rothen Farbensäumen wahr. Um diese überzähligen Bogen zu erklären, nahm Venturi (1814) an, dass dieselben durch sphäroidisch gestaltete Regentropfen, die mehr breit als hoch wären, durch Brechung und Spiegelung erzeugt würden. Grunert (1848) stellte die Hypothese auf, dass in der Atmosphäre Regentropfen sich befänden, die das gleichfarbige Licht auf verschiedene Art brechen oder eine verschiedene Brechungskraft besitzen, was darauf hinauslaufen müsste, dass die Regentropfen verschiedene Dichtigkeit hätten. Solche Tropfen von verschiedener Dichtigkeit fänden sich nun namentlich in den höheren Regionen der Atmosphäre und daher träten die secundären Bogen nur an den oberen Theilen des Hauptregenbogens auf. Th. Young hält sich streng an die Undulationstheorie, nach welcher die oben erwiesenen parallel austretenden Lichtstrahlen nur Gruppen sich gegenseitig verstärkender elementarer Wellen sind. Nach ihm giebt es ausser diesen und in der Nähe derselben noch andere elementare Wellensysteme, die sich nach den Gesetzen der Interferenz des Lichtes (s. d. Art.) an bestimmten Stellen verstärken und schwächen und dadurch zu



den sogenannten secundären Bogen Veranlassung geben. Airy hat in Young's Sinne die Erklärung der secundären Bogen weiter verfolgt und ist dabei namentlich darauf eingegangen, dass die austretenden Lichtstrahlen eine Brennlinie bilden, wie sich solche in Schellbach's Arbeit so schön zeigt (vergl. Poggend. Annal., Ergänzungsb. I. S. 232). Airy's Rechnungsresultate hat das Experiment genügend bestätigt.

Einen weissen Regenbogen nennt man einen weisslichen Kreisbogen, der sich bisweilen der Sonne gegenüber auf niedrigen dicken Nebeln, meist kurz nach Sonnenaufgang, zeigt und dessen Radius von 33° bis 42° schwankt. Bei einem Radius von 42° liegt jedenfalls ein sehr lichtschwacher gewöhnlicher Regenbogen vor. Bei kleinerem Radius hat Bravais die Erklärung auf das Vorhandensein von hohlen Wasserbläschen zurückzuführen gesucht, bei welchen das Verhältniss zwischen ihrem inneren und äusseren Durchmesser 1 : 1,37 ist.

Sich durchschneidende oder auch wohl umgekehrte Regenbogen können auftreten, wenn ein Regenbogen in gewöhnlicher Weise sich gebildet hat und durch Reflex der Sonnenstrahlen von einer ruhig stehenden Wasserfläche ein zweiter, einem anderen Mittelpunkte angehöriger Regenbogen entsteht, welcher den ersten in einer gewissen Weise durchschneidet, oder wenn das Spiegelbild der Sonne im ruhigen Wasser, wie eine zweite Sonne wirkend, noch einen Regenbogen erzeugt.

Mondregenbogen können durch die Strahlen des Mondes unter denselben Bedingungen wie durch die Sonnenstrahlen erzeugt werden, aber sie sind nur lichtschwach, auch nicht immer farbig, sondern zuweilen nur weisslich oder gelblich.

Das Licht des Regenbogens ist in einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisirt. Dass jeder Beobachter seinen eigenen Regenbogen sieht, versteht sich von selbst, da der Mittelpunkt des Bogens auf der Linie liegt, welche von der Sonne durch den Kopf des Beobachters geht und für jeden andern Standpunkt andere Strahlen wirksam sind.

Regenbogenfarben heissen die in der Ordnung: roth, orange, gelb, grün, blau und violett auf einander folgenden Farben des Spectrums. S. Art. Farben.

Regenbogenhaut oder Iris, s. Art. Auge.

Regenfall, s. Art. Regen.

Regengalle nennt man eine regenbogenartige Färbung an einer in der Nähe des Horizontes stehenden Wolke. Es ist dies ein Stück eines Regenbogens, der sich in jener Wolke gebildet hat, und da diese Wolke regnet, so sind diese Regengallen Anzeichen von Regen; denn dieser ist ja schon in der Nähe durch die Regengalle signalisirt. Vergl. Art. Regenbogen.

Regenhöhe nennt man die Höhe der innerhalb einer bestimmten Zeit auf einer bestimmten Fläche aufgefangenen Regenschicht. S. Art. Regenmesser.

Regenkarten hat Berghaus (1840) zu entwerfen versucht. Er verband die Orte, an denen die mittlere Regenhöhe dieselbe ist, durch Linien und nannte diese Linien Isohyetosen. Ebenso entwarf er eine hyetographische Karte für die ganze Erde in der Weise, dass die grössere Regenmenge durch die grössere Dunkelheit der Schattirung angedeutet werden sollte. Dove hat solche Darstellungen als verfrüht erklärt, da das dazu nöthige Material noch nicht gewonnen ist.

Regenmass, **Regenmenge** s. Regenhöhe und Regenmesser.

Regenmesser (Hyetometer, Ombrometer, Pluviometer, Udometer) ist ein Instrument, mittelst dessen die innerhalb einer bestimmten Zeit an einem Orte herabfallende Regenmenge gemessen wird. Bei allen Regenmessern kommt es darauf hinaus, den Regen, der auf eine Fläche von bestimmter Ausdehnung, z. B. von 1 par. Quadratfuss, fällt, aufzufangen und in einem engeren Gefässe zu sammeln, um die Höhe zu steigern und messbarer zu machen. Schon Leonardo da Vinci hatte zu Ende des 15. Jahrhunderts einen Regenmesser angegeben; Townley (1677) und Derham (1697) wogen das gesammelte Regenwasser. Die pariser Beobachtungen begann 1699 de la Hire.

Gewöhnlich ist das Auffangegefäss ein viereckiger Blechkasten mit genau abgemessener oberer Oeffnung; der Boden ist conisch vertieft und mündet in eine enge Oeffnung von nur einigen Linien Durchmesser, damit durch Spritzen des auf den Boden aufschlagenden Regens kein Wasserverlust herbeigeführt wird und das abgelaufene Wasser durch die kleine Oeffnung keine merkliche Verdunstung erleidet; die Bodenöffnung führt in ein Sammelgefäss. Die Methoden, das gesammelte Wasser zu messen, sind verschieden. Bei manchen Regenmessern ist das Sammelgefäss selbst eng und dient zur Messung, wozu bisweilen eine mit demselben communicirende Glasröhre als Standzeiger angebracht ist; bei anderen Einrichtungen wird das Wasser des Sammelgefässes in eine besondere Massröhre abgelassen. Im ersteren Falle ist wegen der zur Befeuchtung des Auffangegefässes erforderlichen Wassermenge eine durch Versuche zu ermittelnde Correction anzubringen; im zweiten Falle ausserdem noch eine der Benetzung des Sammelgefässes entsprechende.

Legeler hat einen Regenwindmesser ausgeführt oder vielmehr den schon vorhandenen von Knox verbessert (s. Poggend. Annal. Bd. 43. S. 431 und Bd. 80. S. 364). Das Auffangegefäss ist um eine verticale Axe drehbar und mit einer an ihm festen Windfahne versehen; unter demselben ist ein in acht Fächer getheiltes Gefäss und aus dem geneigten Boden geht ein Abflussröhrchen ab. Je nach der Stellung, welche die Windfahne dem Auffangegefässe giebt, entleert sich dies in eine der acht Abtheilungen und man kann also ermitteln, wie viel Regen bei den verschiedenen Windrichtungen gefallen ist.

Einen registrirenden Regenmesser hat Horner vorgeschlagen. Das Sammelgefäss ist ein in einer horizontalen Axe hängendes Schiffchen, dessen Inneres durch eine in der Richtung der Drehaxe liegende Scheidewand in zwei Abtheilungen getheilt ist. Steht das Schiffchen schief, so fällt das Wasser aus dem Auffangegefässe in die eine Abtheilung; ist diese bis zu einer gewissen Höhe gefüllt, so schlägt das Schiffchen nach der anderen Seite, so dass die leere Hälfte unter das Abflussrohr kommt und die gefüllte sich entleert. Dies Umschlagen wiederholt sich darauf abwechselnd, sobald die betreffende Hälfte sich ausreichend gefüllt hat, und nun steht das Schiffchen mit einem Steigrade durch eine der gewöhnlichen Hemmung (s. d. Art.) ähnliche Hakenvorrichtung in Verbindung, so dass durch den Zeiger des Steigrades die Anzahl der Entleerungen des Schiffchens angegeben werden. (S. Kämtz, Meteorol. Th. II. S. 413.) — Einen anderen registrirenden Regenmesser hat Mohr unter dem Namen Ombrometrograph angegeben, der auf dem Principe des Vexirbechers beruht (vergl. Poggend. Annal. Bd. 55. S. 310).

Die Regenmesser dienen auch zur Bestimmung der Stärke des Schneefalles, indem man das aus dem Schnee geschmolzene Wasser misst, und so überhaupt zur Bestimmung des aus der Atmosphäre niedergeschlagenen Wassers.

Schon 1769 bemerkte Heberden, dass ein Regenmesser auf dem Thurme der Westminsterabtei weniger Regen anzeigte, als ein solcher auf dem Boden. Seit 1817 sind zu Paris Beobachtungen im Hofe und auf der 86 par. Fuss höheren Terrasse der Sternwarte angestellt worden. Aus den Beobachtungen von 1817 bis 1838 erhielt man als Jahresmittel im Hofe 57 und auf der Terrasse 50 Centimeter Regenhöhe. Derartige Beobachtungen sind mit demselben Erfolge seitdem noch anderwärts angestellt worden. Dies Beispiel möge genügen, um wenigstens eins der Resultate hier anzuführen, welche durch solche Messungen gewonnen werden. Das Jahresmittel beträgt in par. Zollen zu Carlsruhe 26,25; Augsburg 37,11; Göttingen 24,89; Berlin 21,48; Stettin 18,88; Dresden 19,92; Danzig 17,06; Prag 14,36; Wien 16,50; Warschau 21,32; Petersburg 16,57; Palermo 21,42; Rom 29,01; Florenz 34,52; Mailand 35,7. Auffallend ist das hohe Jahresmittel zu Bergen in Norwegen, nämlich 83,167 par. Zoll. An keinem Orte in Europa fällt so viel Regen; was sich aber aus der eigenthümlichen Lage mitten an einer langen Bucht und an Gebirgen, welche die fast ohne Unterbrechung wehenden Westwinde stauen, erklärt.

Regentropfen, ihre Bildung, Veränderung beim Fallen etc. s. im Eingange des Art. Regen.

Regenwasser bildet sich gewissermassen durch einen Destillationsprocess und kommt daher auch oft dem destillirten Wasser an Reinheit nahe. Indessen finden sich in demselben doch auch mancherlei Sub-



stanzen, die es nach seiner Condensation beim Herabfallen in sich aufgenommen hat, und zwar zeigt sich dies besonders bei dem nach lange anhaltender Dürre zuerst fallenden Regen. Will man möglichst reines Regenwasser auffangen, so muss dies erst geschehen, wenn bei einem anhaltenden Regen schon die in der Luft befindlichen Unreinigkeiten niedergeschlagen sind. Die nähere Untersuchung des Regenwassers gehört in das Gebiet der Chemie. Es sei daher hier nur als besonders wichtig erwähnt, dass das Regenwasser — wie überhaupt das meteorische Wasser aus Regen, Schnee, Thau und Reif — sich durch einen Gehalt von Sauerstoff und Kohlensäure auszeichnet, woraus sich die chemische Einwirkung desselben auf die festen Massen der Erdoberfläche, die Verwitterung, erklärt. Alex. v. Humboldt und Gay-Lussac erhielten bei der Erwärmung meteorischen Wassers etwa 4 Volumenprocente eines Gemenges von Stickstoff und Sauerstoff, welches nicht wie die atmosphärische Luft 21, sondern 29 bis 31 Procente Sauerstoff enthielt.

Regenwinde nennt man die Winde, welche in einer Gegend vorzugsweise von Regenfällen begleitet sind. Bei uns ist der Südwestwind der Regenwind. Vergl. Art. Regen am Ende.

Regenwindmesser von Legeler, s. Art. Regenmesser.

Regenwindrosen geben den Zusammenhang zwischen dem Wechsel von Regen und Trockenheit und der Winddrehung an und werden auch nephische Windrosen genannt. S. Art. Regen am Ende.

Regenwolke, Nimbus oder Cirrocumulostratus, s. Art. Nimbus.

Regenzeit heisst vorzugsweise die Zeit des anhaltenden Regens in der tropischen Zone. Näheres im Art. Regen.

Region der Calmen, s. Art. Calmen.

Registerapparate / **Registerinstrumente** sind Instrumente, welche den Gang der Erscheinung, zu deren Messung sie bestimmt sind, ohne fortwährende Beobachtung durch einen besonderen Mechanismus notiren. Das Nähere enthalten die besonderen Artikel, z. B. Regenmesser, Anemometer etc.

Regulator heisst überhaupt eine Vorrichtung, durch welche eine Bewegung in möglichst gleichmässigem Gange erhalten werden soll. Man hat daher Regulatoren an den Räderuhren mit Benutzung eines Pendels oder einer elastischen Feder (s. Art. Uhr. C.); an Dampfmaschinen mit Benutzung des Centrifugalpendels (s. d. Art.); an Pumpen und Spritzen unter Anwendung eines Heronsballes, des sogenannten Windkessels; an Gebläsen; an den Apparaten zur Erzeugung des electrischen Kohlenlichtes etc.

An dieser Stelle sei nur die Einrichtung des sogenannten Regulators der Dampfmaschine, den man wohl auch Moderator oder Governor nennt, noch kurz erläutert. An der Welle des Schwungrades befindet sich eine concentrische Scheibe, um welche eine Schnur

oder ein Riemen ohne Ende gelegt ist. Diese Schnur geht um eine zweite Scheibe an einer horizontalen Welle. Diese Welle ist mit einem conischen Rade versehen, welches in ein anderes conisches Rad an einer verticalen Axe eingreift. Die Bewegung des Schwungrades pflanzt sich also auf diese verticale Axe fort. An dieser Axe ist ein Centrifugalpendel (s. d. Art.) angebracht, dessen Schwung also von der Bewegung des Schwungrades bedingt wird, so dass sich die Kugeln mehr oder weniger heben, je nachdem dies schneller oder langsamer läuft. Mit den Kugeln hebt oder senkt sich ein auf der Axe des Centrifugalpendels leicht verschiebbares Gewicht, welches eine cylindrische rinnenartige Oberfläche hat, in welcher Rinne ein Ring liegt. An dem Ringe ist eine Stange befestigt, welche zu einem in dem Dampfrohre angebrachten Drosselventile führt und an einem Winkelhebel angreift, durch welchen dies Ventil gedreht werden kann. Nehmen wir an, dass die Stange eine horizontale Lage habe, so wird sie bei einer Ortsveränderung des Ringes aus dieser gebracht und da das am Ringe befindliche Ende nur in verticaler Richtung sich bewegen kann, so muss das andere Ende an dem Winkelhebel einen horizontalen Zug ausüben und wird mithin das Drosselventil drehen. Es kommt nun darauf an, dass das Drosselventil bei zu schnellem Gange der Maschine den Kanal des Dampfrohres mehr schliesst und durch die Verengerung das Zuströmen des Dampfes zu dem Cylinder mässigt und umgekehrt bei langsamerem Gange mehr öffnet und das Zuströmen befördert. — Man nennt zwar diese Einrichtung gewöhnlich Regulator; aber es leuchtet ein, dass streng genommen der Gang der Maschine nicht regulirt, sondern nur moderirt wird, weshalb die Bezeichnung Moderator zweckmässiger erscheint.

Reiber nennt man an der Electrisirmaschine den schlechten Leiter, der durch Reibung an einem anderen, dem Reibzeuge, in den electrischen Zustand versetzt wird. Der sogenannte Conductor nimmt die im Reiber erregte Electricität auf. Vergl. Art. Electrisirmaschine.

Reibung oder Friction. A. Jeder, auch der glatteste Körper, besitzt auf seiner Oberfläche noch Erhöhungen und Vertiefungen. Ruht ein Körper auf einem anderen, so greifen diese Erhöhungen und Vertiefungen in einander ein oder es entstehen gegenseitig Eindrücke. Soll nun ein Körper auf einem anderen in Bewegung gesetzt werden, ohne dass dieser an der Bewegung Theil nimmt, oder bewegen sich beide entgegengesetzt bei stattfindender Berührung, so muss ein Abreissen der Erhöhungen eintreten oder ein Heben des Körpers über dieselben hinweg. In beiden Fällen ist hierzu Kraft erforderlich; dort um die Cohäsionskraft der abzureissenden Theilchen, hier um die Schwerkraft des zu hebenden Körpers zu überwinden. Diesen Aufwand an Kraft schreibt man der Reibung (Friction) zu. Die Reibung ist eins der sogenannten Hindernisse der Bewegung (s. Art. Hindernisse).

B. Im Allgemeinen gilt von der Reibung Folgendes:

1) Sie ist um so grösser, je grösser der Druck zwischen den sich reibenden Körpern ist, und unter sonst gleichen Umständen diesem Drucke proportional.

2) Ebenso ist sie um so grösser, je rauher die sich reibenden Flächen sind; zu grosse Glätte steigert jedoch die Adhäsion und vermehrt wieder den Widerstand.

3) Bei harten Körpern ist die Reibung unabhängig von der Grösse der Reibungsfläche; bei weichen und faserigen wächst sie mit derselben.

4) Die Geschwindigkeit der Bewegung ist ohne merklichen Einfluss, wenn sie nicht sehr gross ist.

5) Beim Uebergange aus der Ruhe in Bewegung ist die Reibung grösser, als während der Bewegung selbst.

6) Bei Metallen wächst die Reibung, wenn sich die Temperatur erhöht; bei Hölzern, wenn ihr Feuchtigkeitsgehalt vermehrt wird, und ausserdem ist sie bei diesen grösser, wenn die Fasern parallel laufen, als wenn diese sich kreuzen.

7) Zwischen gleichartigen Körpern ist sie stärker als zwischen ungleichartigen.

8) Bei der sogenannten gleitenden Bewegung, d. h. in dem Falle, wo von dem einen der sich reibenden Körper stets dieselben Punkte zur Berührung mit dem anderen kommen, z. B. bei einem Schlitten, ist die Reibung grösser, als bei wälzender oder rollender Bewegung, d. h. in dem Falle, wo von jedem der sich reibenden Körper stets andere Punkte in Berührung kommen, z. B. bei den Rädern eines in Bewegung befindlichen Wagens in Bezug auf den Weg, während in diesem Falle zwischen der Axe und der Radbüchse doch noch gleitende Bewegung stattfindet. Man unterscheidet daher auch gleitende Reibung und wälzende oder rollende Reibung. Ausserdem bezeichnet man die eigentlich gleitende Reibung an Zapfen als Zapfenreibung. Diese ist kleiner als die gewöhnliche gleitende. Die wälzende Reibung ist erfahrungsmässig dem Halbmesser der sich wälzenden Körper umgekehrt proportional.

9) Geeignete Schmiermittel vermindern die Reibung.

Die vorstehenden Resultate sind die Ergebnisse vielfacher Versuche. Eine dieser Versuchsarten besteht in Folgendem. Man nahm einen festen horizontalen Tisch, auf welchen man Bohlen von verschiedenem Material legen konnte. Auf eine solche Bohle wurde eine Schleife oder ein Schlitten von demselben oder auch von irgend einem anderen Material gelegt, daran ein Seil befestigt, welches über eine am Tische befestigte Rolle ging und an seinem anderen Ende eine Schale zur Aufnahme von Gewichten trug. (Der Apparat zur Darlegung der Gesetze der schiefen Ebene ist gewöhnlich in dieser Weise eingerichtet.) Nun ermittelte man das Gewicht, bei welchem gerade die Bewegung der Schleife erfolgte,

und darauf wurde das Verhältniss dieses Gewichtes zum Gewichte des Körpers oder zu seinem Drucke auf die Unterlage bestimmt. — In dieser Weise haben namentlich Coulomb und Morin experimentirt.

In Bezug auf die Reibung der Bewegung bestimmte schon Vince (1785) die Fallräume des ziehenden Gewichtes für verschiedene Zeiten; man kann aber auch die Zeit berechnen, welche die Schleife zum Durchlaufen eines gewissen Weges erfordert.

Ueber Zapfenreibung stellte Musschenbroek Versuche an mit einer Vorrichtung, die er Tribometer (Reibungsmesser) nannte. Man denke sich um eine cylindrische Welle oder eine feste Rolle, deren Zapfen in Pfannen ruhen und in diesen beweglich sind, ein Seil geschlagen, welches an jedem Ende gleiche Gewichte trägt. Wäre keine Reibung, so würde das kleinste Uebergewicht auf der einen Seite Bewegung hervorbringen; die Reibung erfordert jedoch ein Uebergewicht von bestimmter Grösse.

Eine noch andere Methode, die Grösse der Reibung zu bestimmen, besteht darin, die Neigung einer schiefen Ebene zu ermitteln, bei welcher ein auf derselben ruhender Körper herabzurutschen beginnt (s. unter E.).

C. Das Verhältniss der Reibung zu dem Drucke ist unter sonst gleichen Umständen, also namentlich für gleich grosse und gleich beschaffene Berührungsflächen, constant. Den Exponenten dieses Verhältnisses nennt man den Reibungscoefficienten.

Ist der Druck N und die Reibung F, so ist (B. 1) $F : F_1 = N : N_1$ oder $\frac{F}{N} = \frac{F_1}{N_1}$. Diesen Exponenten nennt man den Reibungscoefficienten und bezeichnet ihn gewöhnlich mit f; es ist also $F = f . N$. Daher ist auch die mechanische Arbeit, um den Körper durch den Weg s fortzuschaffen, $f . N . s$. — Bei wälzender Reibung ist $F : F_1 = r_1 : r$ (s. B. 8), und allgemein mit Rücksicht auf den Druck $F : F_1 = \frac{N}{r} : \frac{N_1}{r_1}$. Es ist daher hier $F = f . \frac{N}{r}$.

Nach Weisbach sind die Reibungscoefficienten a) der Ruhe und b) der Bewegung folgende:

Namen der sich reibenden Körper.		Zustand der Flächen und Natur der Schmieren.									
		Trocken.	Mit Wasser benetzt.	Olivenöl.	Schweineschmalz.	Talg	Trockne Seife.	Polirt und fettig.	Fettig und benetzt.	Schweinefett und Graphit.	Reine Wagenschmiere.
Holz auf Holz im Mittel	a	0,50	0,68	—	0,21	0,19	0,36	0,35	—	—	—
	b	0,36	0,25	—	0,07	0,07	0,15	0,12	—	—	—
Metall auf Metall im Mittel	a	0,18	—	0,12	0,10	0,11	—	0,15	—	—	—
	b	0,18	0,31	0,07	0,09	0,09	0,20	0,13		0,08	0,15
Holz auf Metall	a	0,60	0,65	0,10	0,12	0,12	—	0,10	—	—	—
	b	0,42	0,24	0,06	0,07	0,08	0,20	0,14	—	0,08	0,10
Hanf in Seilen oder geflochten auf Holz	a	0,63	0,87	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	0,45	0,33	—	—	—	—	—	—	—	—
Dickes Sohlenleder zu Liderungen auf Holz oder Gusseisen, hochkantig	a	0,43	0,62	0,12	—	—	—	—	0,27	—	—
	b	0,34	0,31	0,14	—	0,14	—	—	—	—	—
Dickes Sohlenleder zu Liderungen auf Holz oder Gusseisen, flach	a	0,62	0,80	0,13	—	—	—	—	—	—	—
	b	0,54	0,36	0,16	—	0,20	—	—	—	—	—
a) Schwarze Lederriemen über Trommeln	von Holz	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	von Metall	0,54	—	—	—	—	—	0,28	0,38	—	—

a) Steine oder Ziegeln auf einander, glatt bearbeitet im trocknen Zustande 0,71.
Steine und Schmiedeeisen, trocken 0,45
Hirnholz auf Steinen, trocken 0,64.

Bei einer Locomotive ist durchschnittlich $^1/_{20}$ von dem Gewichte derselben auf Reibung zu rechnen, und auf horizontaler Bahn muss die Locomotive wenigstens $^1/_{12}$ von dem Gewichte des Wagenzugs haben.

Bei Zapfen aus Schmiede- oder Gusseisen, laufend in Lagern aus Gusseisen oder Glockengut (Messing), geschmiert mit Oel, Talg oder Schweineschmalz, ist der Reibungscoefficient bei guter Unterhaltung 0,054, bei gewöhnlicher Abwartung 0,070 bis 0,080. — Ist der Druck zwischen dem Zapfen und seinem Lager $= R$, so ist die Reibung $= fR$ und bei einer Umdrehung, wenn der Halbmesser des Zapfens $= r$ ist, die verloren gehende mechanische Leistung in Folge der Reibung $= 2\pi fRr$ und bei u Umdrehungen in einer Minute die in jeder Secunde verbrauchte Arbeit $= 0{,}105 \cdot u \cdot f \cdot Rr$.

D. Um die Zapfenreibung zu vermindern, benutzt man bisweilen sogenannte Frictionsräder, z. B. bei Fallmaschinen. In diesem Falle ruht das betreffende Rad mit jedem Ende seiner Axe auf zwei Rädern von gleich grosser glatter Peripherie, so dass, wenn das Rad in Bewegung kommt, die tragenden Frictionsräder ebenfalls in Bewegung gerathen. Es wird hierdurch die eigentlich gleitende Zapfenreibung in eine wälzende umgewandelt. S. Art. Frictionsräder.

E. Gleitet ein auf einer schiefen Ebene liegender Körper auf derselben in Folge der Reibung nicht herab und vergrössert man den Neigungswinkel, bis dies eben eintritt, so giebt die Tangente dieses Winkels den Reibungscoefficienten. Denn der Druck des Körpers auf die schiefe Ebene ist dann, wenn der Druck des Körpers auf die horizontale Ebene N ist, $N \cdot \cos\alpha$, und die Kraft, welche den Körper parallel der schiefen Ebene im Gleichgewicht halten würde, $N \cdot \sin\alpha$; da nun die letztere im vorliegenden Falle F ist, so erhält man als Reibungscoefficient $\frac{N \cdot \sin\alpha}{N \cdot \cos\alpha} = tgs\,\alpha$. Den betreffenden Neigungswinkel nennt man den Reibungs- oder Ruhewinkel, den man gewöhnlich mit φ bezeichnet, so dass also $f = tgs\,\varphi$ ist.

Ist der Neigungswinkel α einer schiefen Ebene grösser als der Reibungswinkel, so ist die Kraft K_1, welche einer Last das Gleichgewicht hält, 1) wenn die Kraft parallel der Länge wirkt: $K_1 = L\,(\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha) = L\,\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos\varphi}$; 2) wenn die Kraft parallel der Basis wirkt: $K_1 = L\,\frac{\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha + f \cdot \sin\alpha} = L \cdot tgs\,(\alpha - \varphi)$; 3) wenn die Richtung der Kraft die Länge unter einem Winkel β schneidet: $K_1 = L\,\frac{\sin\alpha - f \cdot \cos\alpha}{\cos\beta \pm f \cdot \sin\beta} = L \cdot \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\varphi \mp \beta)}$, wo das obere Zeichen gilt, wenn die Länge von der Richtung der Kraft

oberhalb, und das untere Zeichen, wenn sie unterhalb der Falllinie der Last geschnitten wird.

Ist der Neigungswinkel α einer schiefen Ebene kleiner als der Reibungswinkel, so ist keine Kraft erforderlich, die Last im Gleichgewichte zu erhalten, es wird vielmehr eine abwärts schiebende Kraft nöthig, wenn dieselbe sich abwärts bewegen soll. Der kleinste Werth, welchen diese Kraft $K_{,,}$ haben müsste, ist: 1) wenn die Kraft parallel der Länge wirkt: $K_{,,} = L\ (f\ .\ cos\,\alpha - sin\,\alpha) = L\ .\ \frac{sin\,(\varphi - \alpha)}{cos\,\varphi}$; 2) wenn die Kraft parallel der Basis wirkt:

$$K_{,,} = L\ \frac{f\ .\ cos\,\alpha - sin\,\alpha}{cos\,\alpha + f\ .\ sin\,\alpha} = L\ .\ tgs\,(\varphi - \alpha);$$

3) wenn die Richtung der Kraft die Länge unter einem Winkel β schneidet:

$$K_{,,} = L\ \frac{f\ .\ cos\,\alpha - sin\,\alpha}{cos\,\beta \pm f\ .\ sin\,\beta} = L\ \frac{sin\,(\varphi - \alpha)}{cos\,(\varphi \mp \beta)}.$$

Sollte in diesem Falle aber die Last aufwärts bewegt werden, so ist der kleinste Werth der hierzu erforderlichen Kraft $K_{,,,}$; 4) parallel der Länge, $K_{,,,} = L\ (f\ .\ cos\,\alpha + sin\,\alpha) = L\ \frac{sin\,(\varphi + \alpha)}{cos\,\varphi}$; 5) parallel der Basis, $K_{,,,} = L\ \frac{f\ .\ cos\,\alpha + sin\,\alpha}{cos\,\alpha - f\ .\ sin\,\alpha} = L\ .\ tgs\ (\varphi + \alpha)$; 6) unter einem Winkel β,

$$K_{,,,} = L\ \frac{f\ .\ cos\,\alpha + sin\,\alpha}{cos\,\beta \mp f\ .\ sin\,\beta} = L\ \frac{sin\,(\varphi + \alpha)}{cos\,(\varphi \pm \beta)}.$$

Wegen der Ableitung dieser Formeln, die übrigens namentlich auch bei der Schraube Verwendung finden, sei bemerkt, dass, wenn die Richtung der Kraft nicht parallel der Länge wirkt, man die Kraft als aus zwei Componenten zusammengesetzt betrachtet, von denen die eine parallel der Länge, die andere senkrecht zu derselben wirkt. Die letztere Componente verstärkt oder schwächt den Druck der Last auf die schiefe Ebene, je nachdem die Richtung der aufwärtswirkenden Kraft die Länge oberhalb oder unterhalb der Falllinie der Last schneidet, oder umgekehrt bei abwärts schiebender Kraft.

Wegen der Reibung von Flüssigkeiten in Röhren s. Art. Röhrenwiderstand.

Reibungscoefficient, s. Art. Reibung. C.

Reibungselectricität, s. Art. Electricität.

Reibungswinkel oder Ruhewinkel, s. Art. Reibung. E.

Reibzeug, s. Art. Reiber.

Reif ist wie der Thau (s. d. Art.) ein Niederschlag unmittelbar am Boden, ohne dass sich die unterste, den Boden berührende Luftschicht trübt. Der Thau ist tropfbarflüssig; der Reif besteht aus einer krystal-

linischen Kruste, die mehr oder minder dick und dicht ist. Daher entsteht der Reif nur bei einer Temperatur unter dem Gefrierpunkte und kann als gefrorner Thau bezeichnet werden. So entsteht der Reif aus dem Thau während des Sommers, wenn in der Nacht die Temperatur unter 0° C. sinkt, während im Winter derselbe sogleich hervortritt, sofern diese Temperatur schon vor seiner Entstehung vorhanden war. Wegen der näheren Bedingungen der Reifbildung vergl. Art. Thau. Zu verwechseln ist der Reif nicht mit dem Glatteise und dem Rauhfroste oder Rauhreife, worüber die betreffenden Artikel das Nähere enthalten.

Reihenvulcane und Centralvulcane unterscheidet L. v. Buch, und zwar versteht er unter jenen Vulcane, die in einer Richtung, wenig von einander entfernt liegen, während diese den Mittelpunkt vieler fast gleichmässig nach allen Seiten hin wirkender Ausbrüche bilden. Vergl. Art. Vulcan.

Reisebarometer, s. Art. Barometer.

Reisel'scher oder würtemberg'scher Heber, s. Art. Heber, gekrümmter. S. 439.

Relativ, s. Art. Absolut.

Repulsion, s. Art. Abstossung.

Residuum oder Rückstand ist der Rest von Electricität, welcher nach der Entladung einer electrischen Flasche oder Batterie zurückbleibt und noch einen schwächeren Entladungsschlag veranlasst. Es rühren jedoch nicht alle Schläge, welche man aus einer schon entladenen Flasche ziehen kann, von diesem Residuum her. Vergl. Art. Flasche, electrische. S. 346.

Resonanz heisst die Verstärkung eines Tones dadurch, dass der Schwingungszustand eines tönenden Körpers benachbarten Körpern mitgetheilt wird, so dass diese ebenfalls in eine schwingende Bewegung gerathen. Der Ton einer Stimmgabel wird z. B. durch Resonanz verstärkt, wenn man sie auf eine hölzerne Tischplatte oder noch besser auf einen hohlen Kasten von dünnem elastischen Holze stützt. Bei unseren Saiteninstrumenten wird der Ton der Saite nicht nur durch das Mitschwingen der festen Theile des hohlen Kastens, sondern auch durch das Mitschwingen der darin eingeschlossenen Luftmasse verstärkt. Es ist daher auch die Gestalt des eingeschlossenen Luftraumes für die Resonanz von Wichtigkeit.

Die Gebrüder Weber haben zwei Arten von Resonanz unterschieden. Bei der einen Art theilen sich die Schwingungen des tönenden Körpers einem starren Körper stärker mit als der Luft und erst die Schwingungen dieses miterregten Körpers erregen in der Luft Schwingungen von gleicher Dauer und tragen dazu bei, dass der Luft die Schwingungen vollkommen mitgetheilt werden. Es tritt dies namentlich bei den tieferen Tönen ein, wie man sich durch die Stimmgabel überzeugen kann, die angeschlagen einen hohen und einen tiefen Ton giebt,

von denen aber nur der tiefere durch die angegebene Resonanz eine Verstärkung erfährt. Bei der anderen Art wird ein begrenzter Körper durch einen tönenden in so heftige Schwingungen versetzt, als er auch bei der vollkommensten Mittheilung, wenn er unbegrenzt wäre, nicht vollbringen könnte, insofern nämlich die Schallwellen, die dem begrenzten Körper mitgetheilt werden, von dessen Rändern oder Grenzen zurückgeworfen werden, und sich mit einander und mit den von dem tönenden Körper fortwährend ausgehenden Schallwellen durchkreuzen. Wenn nun die nachfolgenden Wellen eben so verlaufen wie die vorhergegangenen, und wenn sie von den Schwingungen eines und desselben Tones herrühren, so müssen sich auch an allen Kreuzungsstellen die Durchkreuzungen regelmässig und in gleichen Zeiträumen wiederholen. Das Resultat ist, dass die ganze Bewegung der einzelnen Theilchen dieses Körpers sich durch nichts von der des selbsttönenden Körpers unterscheidet, als dadurch, dass sie nie ganz so heftig ist als diese, und dass dieselbe, so wie keine Wellen mehr nachfolgen, also die Durchkreuzung aufhört, auch sogleich geendigt ist, während sie in den Körpern, die in eine stehende Schwingung geriethen, fortdauern kann, wenn auch die erste Ursache des Tönens aufgehört hat.

Bei einem selbsttönenden Körper muss der ganze Raum desselben von gleich langen, sich zwei- oder mehrfach durchkreuzenden Wellen eingenommen sein, die in Folge der Gestalt des Körpers so zurückgeworfen werden, dass die Kreuzungspunkte auch nach einer vielfachen Zurückwerfung immer nach gleichen Zeiträumen auf dieselben Punkte fallen. Der Raum eines resonirenden Körpers braucht dagegen nur von gleich langen zurückgeworfenen Wellen bedeckt zu sein, die sich mit den immer neu, aber auf dieselbe Weise erregten Wellen so durchkreuzen, dass die Kreuzungspunkte, so lange die Erregung von neuen Wellen dauert, immer auf dieselben Punkte fallen. Hieraus folgt, 1) dass die Wellen forttönender Körper eine Länge haben müssen, die ein aliquoter Theil des Weges ist, den die Welle von einer zurückwerfenden Grenze des Körpers zur andern zu durchlaufen hat — (dies ist bei Körpern, die zur Resonanz fähig sein sollen, nicht nöthig): 2) dass bei forttönenden Körpern jede Welle einen Weg durchläuft, vermöge dessen sie nach einer oder mehreren Zurückwerfungen in ihren vorigen Weg zurückkehrt, was bei der Resonanz nicht der Fall ist; 3) dass die Stärke des Tones bei einem forttönenden Körper wachsen kann, während die Erregung der Schwingungen gleichmässig fortdauert, wie dies z. B. durch andauerndes Streichen mit dem Violinbogen geschieht; dass dies aber bei resonirenden Körpern nicht der Fall ist; 4) dass der tönende Körper durch Stösse zum Schwingen gebracht wird, die nicht so regelmässig und geschwind zu erfolgen brauchen, dass sie selbst einen Ton bilden; dass hingegen der resonirende Körper, wenn er tönen soll, so regelmässige Stösse bekommen muss, dass diese Stösse selbst schon einen

Ton bilden, dass daher ein resonirender Körper nur den Ton wiederholen kann, den der tönende Körper, der ihm Schwingungen mittheilt, hervorbringt.

Man befestige an einer festen Unterlage ein starkes Holzstück, füge an dasselbe parallel mit der Unterlage ein dünnes fichtenes Brettchen, welches kürzer als diese ist, und befestige an dem freien Ende des Brettchens das eine Ende einer Saite, welche über einen am anderen Ende der Unterlage befindlichen Steg geht und daselbst gespannt wird. Streicht man die Saite mit dem Violinbogen parallel mit der Oberfläche des Brettchens, so bewegt sich Sand, welcher auf das Brettchen gestreut ist, in einer Richtung, die jener parallel läuft, während die Bewegung des Sandes senkrecht zur Oberfläche erfolgt, sobald der Bogen eben diese Richtung erhält. Entstehen bei solchen Versuchen Knotenlinien, so nennt man die sich bildenden Figuren Resonanzfiguren, die sich von den Klangfiguren (s. d. Art.) dadurch unterscheiden, dass sie nicht so regelmässig ausfallen wie diese. — Befestigt man einen Holzstab im Mittelpunkte einer grösseren Metallscheibe senkrecht auf ihrer Ebene und versetzt ihn in longitudinale Schwingung, so geräth die Scheibe in transversale Schwingungen und der auf ihr befindliche Sand ordnet sich zu concentrischen Kreisen. — Werden an den Enden eines dünnen Stabes von Glas oder Holz zwei gleich grosse Glasscheiben in ihren Mittelpunkten befestigt, so dass sie unter sich parallel laufen, und versetzt man dann die obere durch Streichen mit einem Violinbogen in Schwingungen, so entsteht auf der unteren Scheibe eine Resonanzfigur, welche der Klangfigur auf der oberen gleich ist. — Verbindet man zwei Kreisscheiben von sehr verschiedener Grösse so mit einander, dass beide in derselben Ebene liegen, und streicht man nun die grössere mit einem Bogen, so bildet sich auf ihr eine Klangfigur, die sie auch für sich allein giebt; streicht man aber die kleinere Scheibe, so erhält man eine Figur, die weder in der grösseren noch in der kleineren Scheibe für sich hervorgerufen werden kann. Je grösser also die Masse eines Körpers ist, der mit einem in tönende Schwingung versetzten in Verbindung steht, desto mehr wird die Schwingungsweise abgeändert. — Das Mittönen durch Resonanz wird um so stärker, je mehr die Schwingungen des tonerregenden Körpers gegen die resonirende Fläche senkrecht geschehen.

Der Theil musikalischer Instrumente, welcher zur Verstärkung des Tones durch Resonanz dient, heisst vorzugsweise der Resonanzboden. Auch hier machen sich natürlich die übrigen Gesetze geltend. Der Resonanzboden eines Claviers wirkt z. B. kräftiger als der einer Guitarre, weil dort die Saiten von den Hämmern in einer solchen Richtung angeschlagen werden, dass ihre Schwingungen senkrecht gegen den Boden geschehen, während hier die Schwingungen der Saiten meistens in schiefer Richtung gegen den Resonanzboden erfolgen. — Die Schwingungen eines Resonanzbodens lassen sich durch feste Leiter, z. B. Holz-



stäbe, einem anderen Resonanzboden mittheilen und so lassen sich z. B. ganze Musikstücke weithin vernehmbar machen, wenn man die Resonanzboden der dabei benutzten Instrumente alle mit einem an dem entfernten Orte aufgestellten Resonanzboden, z. B. mit dem einer Violine, in leitende Verbindung setzt.

Resonanzboden }
Resonanzfigur } s. Art. Resonanz.

Respiration oder das Athmen, s. Art. Athmen.

Resultante }
Resultirende } s. Art. Bewegungslehre. IV.

Retardation, Verzögerung, Grösse der Verzögerung. Wenn bei einer verzögerten Bewegung, d. h. bei einer solchen, dass in gleichen Zeiten die später zurückgelegten Wege immer kleiner werden als die früher zurückgelegten, oder die mit abnehmender Geschwindigkeit erfolgt, die Art der Bewegung näher bestimmt werden soll, so hat man die Art der Geschwindigkeitsabnahme zu ermitteln. Diese Geschwindigkeitsabnahme nennt man die Retardation.

Wir können uns sehr verschiedene verzögerte Bewegungen denken, z. B. dass die Geschwindigkeit in auf einander folgenden gleichen Zeiten stets um gleich viel, oder in jedem folgenden gleich grossen Zeitabschnitte um das Doppelte, Dreifache ... von der Grösse abnimmt, um welche dieselbe im vorhergehenden abgenommen hatte. Der einfachste Fall würde der sein, dass die Geschwindigkeitsabnahme, also die Retardation, unverändert bleibt. Eine solche Bewegung nennt man eine gleichförmig verzögerte und die Retardation ist also hier, da die Geschwindigkeit stets auf eine Secunde bezogen wird, die Geschwindigkeitsabnahme, welche der Körper nach Verlauf der ersten, vom Beginne der gleichförmig verzögerten Bewegung an gerechneten Secunde erlitten hat. Vergl. Art. Bewegungslehre. III.

Retina ist die Nervenhaut oder Netzhaut des Auges. S. Art. Auge.

Retrograd oder rückläufig, s. Art. Rechtläufig.

Reverber oder Reflector nennt man einen Spiegel, der vorzugsweise zu kräftiger Zurückwerfung des Lichtes einer vor demselben angebrachten Flamme bestimmt ist. Vergl. Art. Leuchtthurm und Spiegel.

Reversionspendel heisst ein physisches Pendel, an welchem zwei Schwingungsaxen so angebracht sind, dass man sowohl die eine, als die andere zur Drehaxe nehmen kann, ohne dass dadurch ein Unterschied in der Schwingungsdauer herbeigeführt wird. Bohnenberger hat 1811 zuerst den Vorschlag zu solchen Pendeln und Kater zuerst davon Gebrauch gemacht, um die Länge des Secundenpendels zu bestimmen, da die Entfernung der beiden Schwingungsaxen die Länge des einfachen Pendels für die Schwingungszeit des Reversionspendels giebt. — Um

ein Reversionspendel herzustellen, bringe man an einer gleichmässig starken prismatischen Stange zwei Messerschneiden an, deren Schärfen parallel und einander zugekehrt sind und eine solche Entfernung von einander haben, die etwa der Länge des einfachen Pendels entspricht, welches gleiche Schwingungen mit dem Pendel macht, wenn es an der einen Schneide aufgehängt schwingt. Dann wird an dem einen Ende der Stange ein verschiebbares Gegengewicht festgestellt und so lange verschoben, bis das Pendel auf beiden Messerschneiden übereinstimmend schwingt. Vergl. überdies Pendel, namentlich B.

Reversionsprisma nennt Dove ein Prismensystem, welches aus zwei gleichschenkeligen rechtwinkeligen Prismen zusammengesetzt ist, deren Brechungsebenen senkrecht auf einander stehen. Fällt von einem Gegenstande auf ein einzelnes solches Prisma Licht so, dass es an den Kathetenflächen gebrochen und an der Hypotenusenfläche gespiegelt wird, so erscheint bei verticaler Lage der Brechungsebene der Gegenstand vertical umgekehrt, aber bei horizontaler Lage dieser Ebene Rechts und Links vertauscht. Das Reversionsprisma vertauscht in beiden Richtungen, und daher lässt es sich anwenden, um das Bild eines astronomischen Fernrohres umzukehren. Vergl. Art. Fernrohr.

Revolution bedeutet in der Physik und Astronomie so viel wie Umlauf, z. B. eines Rades, eines Planeten.

Rhabdomantie bezeichnet die Fertigkeit im Gebrauche der Wünschelruthe (s. d. Art.).

Rheometer, d. h. Strommesser, ist nichts Anderes als das Galvanometer (s. d. Art.); indessen bezeichnet man damit auch bisweilen ein Instrument zur Messung der Stromgeschwindigkeit fliessender Gewässer, die man sonst Hydrometer (s. d. Art.) nennt.

Rheophor, Stromträger, hat Ampère den Schliessungsdraht einer galvanischen Kette oder Säule genannt.

Rheostat heisst ein von Wheatstone construirter Apparat, um electrische Ströme auf constanter Stärke zu erhalten, es kann derselbe aber auch zur Vergleichung der electromotorischen Kräfte zweier Ketten und zur Bestimmung von Leitungswiderständen benutzt werden. Im Wesentlichen beruht der Apparat darauf, dass durch Einschaltung einer grossen Drahtlänge die Stromstärke geschwächt und durch Wegnahme eines Theiles der Drahtlänge verstärkt wird. Wheatstone nahm zwei 6 Zoll lange und $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser haltende Cylinder, von denen der eine aus Messing, der andere aus Holz oder besser aus Serpentin gefertigt war, und brachte sie einander parallel und horizontal auf einem gemeinschaftlichen Gestelle an, so dass jeder mittelst einer Kurbel um seine Axe gedreht werden konnte. In den Holz- oder Serpentincylinder ist der ganzen Länge nach ein Schraubengewinde (40 Windungen auf einen Zoll) eingeschnitten und auf das eine Ende ein Kupferring aufgesetzt. An diesen Ring ist das Ende eines $^1/_{100}$ Zoll

im Durchmesser haltenden, über 100 Fuss langen Messing- oder besser Neusilberdrahtes (letzteres leitet schlechter) angelöthet und der Draht dann den Schraubenwindungen folgend aufgewickelt, das andere Ende aber an dem Messingcylinder befestigt. Dreht man den Messingcylinder, so wickelt sich der Draht um diesen auf und gleichzeitig um eben so viel von dem anderen Cylinder ab, oder bei entgegengesetzter Drehung umgekehrt. Gegen den Kupferring des Holzcylinders drückt schleifend eine mit einer Klemmschraube in Verbindung stehende Metallfeder, desgleichen eine gegen das eine Ende des Messingcylinders. Befestigt man nun in den Klemmschrauben die Schliessungsdrähte, so bildet nur der Theil des Drahtes, welcher um den hölzernen, isolirenden Cylinder gewickelt ist, einen Theil der Schliessung, und man hat somit die Länge des Schliessungsdrahtes auf bequeme Weise in seiner Gewalt. Die Länge der wirksamen Drahtlänge geben zwei Zeiger an, die bei der Drehung der Cylinder in Bewegung kommen.

Rhombus Fresnel's ist ein besonders geschliffenes Glasstück, durch welches Fresnel den experimentellen Nachweis lieferte, dass durch totale Reflexion die Vibrationsphase des Lichtes eine Veränderung erleidet, so dass das total reflectirte Licht im Allgemeinen elliptisch polarisirt ist. Wird Kronglas vom Brechungsexponenten der mittleren Strahlen 1,51 verwandt, so hat das Glasstück im Längsschnitte die Form eines Parallelogramms mit einem Winkel von 54° 37′ und der auf der einen Endfläche senkrecht auffallende Strahl tritt auf der anderen wieder senkrecht aus, nachdem er im Innern zweimal total reflectirt ist. Giebt man dem Glase im Längsschnitte die Form eines Trapezes mit einem Winkel von 69° 12′ 20″ an der längeren der parallelen Seiten, so tritt der Strahl nach dreimaliger totaler Reflexion als ganz circular polarisirtes Licht aus. Vergl. Art. Polarisation des Lichtes.

Rhumb ist gleichbedeutend mit Compassstrich. S. Art. Windrose.

Richmann'sche Regel, die, giebt an, wie man in dem Falle, dass sich zwei Massen eines und desselben Stoffes ins thermometrische Gleichgewicht setzen, die Temperatur dieses Gleichgewichts berechnet. Hat die eine Masse M die Temperatur T und die andere m die Temperatur t, so ist die Temperatur des thermometrischen Gleichgewichtes $\vartheta = \frac{MT + mt}{M + m}$. Die Wärme nämlich, welche die Masse M von 0° auf T bringt, würde, ohne Rücksicht auf den Siedepunkt zu nehmen, 1 Massentheil auf MT^0 erhöhen. Dasselbe gilt für die andere Masse. Man hat also soviel Wärme, dass 1 Massentheil von 0° auf $MT + mt$ erwärmt werden würde. Diese Wärme soll sich aber auf $M + m$ Massentheile vertheilen und folglich erhält man obigen Werth. — Es ist diese Regel besonders wichtig bei Mischung von kaltem und warmem Wasser; denn

man kann nach ihr nicht nur die Mischtemperatur berechnen, wenn die Massen und ihre Temperaturen bekannt sind, sondern auch die Verhältnisse der Massen, wenn eine bestimmte Mischtemperatur erzielt werden soll, sobald die Temperaturen der Massen gegeben sind, oder die Temperatur, welche die eine Masse haben muss, wenn die Massen, die Mischtemperatur und die Temperatur der anderen Masse gegeben sind. Ebenso leistet diese Formel bei Condensation von Wasserdämpfen gute Dienste, da man Wasserdämpfe als Wasser von 637° C. in Rechnung nehmen kann.

Richtscheit heisst eine 6 bis 12 Fuss lange gerade Latte von durchweg gleicher Breite oder Höhe, die man bei der Setzwaage zur horizontalen Herstellung einer Strecke gebraucht, indem man durch dieselbe gewissermassen die Basis der Setzwaage verlängert.

Richtung bezeichnet die Gegend, nach welcher hin oder von welcher her eine Bewegung erfolgt oder erfolgen würde, wenn keine Hindernisse vorhanden wären. Im letzteren Sinne ist daher die Richtung einer Bewegung stets geradlinig, wenn auch die Bahn krumm ist, da der Körper in Folge des Beharrungsvermögens das Bestreben hat, geradlinig fortzugehen. Die Richtung der Schwerkraft ist stets vertical. Bei der Richtung des Windes giebt man die Gegend an, aus welcher er kommt.

Richtungslinie oder Sehlinie (s. d. Art.).

Richtungslinie des Drucks heisst die Verbindungslinie, welche bei mehreren auf einander folgenden Drucken nach verschiedenen Richtungen die Durchschnittspunkte je zweier auf einander folgenden Druckresultanten mit einander verbindet, so dass die Richtung jedes einzelnen mittleren Drucks auf jede betreffende Berührungsfläche diese Richtungslinie des Drucks tangirt. Zieht man also von einem beliebigen Angriffspunkte der Kraft, in welchem die Mittellinie des Drucks (s. d. Art.) irgend eine Berührungsfläche durchschneidet, eine Tangente an die Richtungslinie des Drucks, so ergiebt diese Tangente die Richtung des mittleren Drucks auf jene Berührungsfläche.

Richtungslinie der Schwere oder Falllinie heisst eine verticale Linie, welche durch den Schwerpunkt eines Körpers geht.

Richtungsmaschine heisst eine Maschine, bei welcher ohne an Kraft zu ersparen, nur die Richtung der Kraft eine Aenderung erleidet, z. B. die feste Rolle (s. Art. Rolle) oder der gleicharmige Winkelhebel (s. Art. Hebel). Vergl. übrigens Art. Maschine.

Ricochettiren nennt man das Abspringen von Körpern, die unter einem sehr spitzen Winkel gegen eine Fläche geworfen werden, so dass sie wohl mehrmals Bogensprünge, Ricochets, machen. Bekannt ist das Ricochettiren kleiner flacher Steine auf einer ebenen Wasserfläche; es gehört aber auch hierhin das Ricochettiren von Geschützkugeln und zwar nicht blos auf einer Wasserfläche, sondern auch auf hartem und glattem Boden.

Wenn ein leichter flacher Körper mit grosser Geschwindigkeit und unter einem sehr spitzen Winkel mit der breiten Fläche gegen die Oberfläche eines ruhigen Gewässers fliegt, so zerlege man, da der Widerstand des Wassers senkrecht gegen die Fläche wirkt, die Geschwindigkeit des Körpers in zwei Componenten, von denen die eine senkrecht zur Fläche steht, die andere mit derselben parallel läuft. Hebt der Widerstand des Wassers die senkrechte Componente auf, so bleibt die der Fläche parallele Componente wirksam, und in Folge davon wird der Körper, da die Fläche gegen das Wasser geneigt sein soll, gehoben und weiter fortfliegen, bis er dem Wurfgesetze folgend wieder mit der Wasserfläche in Berührung kommt und sich derselbe Vorgang wiederholt, oder der Körper wegen der immer kleiner werdenden parallelen Componente sich nicht mehr heben kann und einsinkt. — Bei Geschützkugeln ist die das Wasser treffende Fläche nicht so günstig wie bei einem flachen Körper, und daher muss die Geschwindigkeit und die Neigung gegen die Fläche bedeutender sein, um jenen Nachtheil möglichst auszugleichen.

Riechen, das, besteht in der Einwirkung der sogenannten Riechstoffe auf den Riechnerven, welcher auf dem oberen Theile der inneren Nase ausgebreitet ist. Die Riechstoffe müssen hierbei in der Luft fein vertheilt enthalten sein, und ausserdem ist nöthig, dass sie durch eine Luftströmung in die Nase geführt werden, so dass sie also wohl nur durch einen Anstoss auf den Riechnerven wirken, da man nur dann riecht, wenn man die Luft durch die Nase zieht.

Riemen werden für 1 preuss. Quadratzoll Querschnitt in Bezug auf Festigkeit im Allgemeinen mit einem Sicherheitsmodulus (s. Art. Festigkeit) von 270 Zollpfund in Rechnung genommen.

Riemenräderwerk oder Schnurräderwerk heisst eine Verbindung von Radwellen, bei denen die Bewegung der einen der anderen durch eine Schnur ohne Ende mitgetheilt wird. Vergl. Art. Räderwerk. Das Umdrehungsverhältniss ist dasselbe wie bei den Zahnräderwerken, nämlich das umgekehrte der Radien der durch die Schnur verbundenen Scheiben.

Riemenscheibe heisst die Scheibe, über deren Peripherie bei einem Riemenräderwerke die Schnur oder der Riemen ohne Ende gelegt ist.

Riesenfernrohr / **Riesenteleskop** von Herschel, s. Art. Fernrohr. II. S. 322.

Ring, cardanischer, ist eine von Hieronymus Cardanus angegebene Art der Aufhängung eines Körpers, damit er an gewissen Bewegungen nicht Theil nimmt. Die Einrichtung ist folgende. Ein kreisrunder Ring dreht sich in zwei diametral einander gegenüber liegenden Punkten in Stiften, die an einem Gestelle befestigt sind; an zwei anderen Stellen desselben Ringes, die ebenfalls einander diametral gegenüber liegen, aber so, dass ihr Durchmesser den vorigen senkrecht schneidet, hängt der Körper, der gegen die Theilnahme an der Bewegung

des Gestelles geschützt werden soll; die Aufhängepunkte des Körpers müssen dabei möglichst hoch über dem Schwerpunkte desselben angebracht sein. Tritt nun Bewegung des Gestelles in der Richtung des einen oder des anderen Stiftenpaares ein, als ob dies Paar um einen Punkt der Verbindungslinie in einer Verticalebene gedreht würde, so nimmt der Körper an dieser Bewegung nicht Theil, sondern bewegt sich um das andere Paar, so dass er seine ursprüngliche Stellung beibehält. Der Körper nämlich ist oberhalb seines Schwerpunktes aufgehängt und ist also in Ruhe, wenn seine Falllinie durch die Verbindungslinie dieses Stiftenpaares geht. Seine Aufhängung ist eine stabile. Erfolgt nun in der Richtung des einen Stiftenpaares die angenommene Bewegung des Gestelles, so kann er dieser nicht folgen, weil er sich nur um jene Verbindungslinie schwankend, also senkrecht zu ihr bewegen kann. Dies ist nur um das andere Stiftenpaar ungehindert möglich. Da nun die Aufhängung des Körpers eine stabile ist, so stellt er sich so, dass er sich um das andere Stiftenpaar bewegend mit dem Schwerpunkte die tiefste Stelle einnimmt, d. h. dass er seine ursprüngliche Stellung beibehält.

Man wendet diese Aufhängung namentlich auf Schiffen an, weil hier vorzugsweise zwei Bewegungen eintreten, nämlich Schwankungen in der Richtung des Kieles und Schwankungen senkrecht auf die Kielrichtung. Die Windrose des Compasses schwebt auf einem Stifte in einem Behälter, der in einem cardanischen Ringe hängt. Der in dem Boden des Behälters vertical stehende Stift bleibt also stets vertical und die Windrose, an welcher die Magnetnadel befestigt ist, wird also ungeachtet der Schwankungen des Schiffes nicht in ihrem ruhigen Schweben gestört, sofern nur der Behälter so aufgestellt ist, dass die Verbindungslinie des einen Stiftenpaares dem Kiele parallel läuft. — Schiffslampen, Schiffschronometer, Schiffsbarometer etc. hängen ebenfalls in cardanischen Ringen. — Wollte man noch Bewegungen in anderen Richtungen aufheben, so müsste man den Ring wieder in einem Ringe hängen lassen, dessen Stiftenpaar die eine der aufzuhebenden Bewegungsrichtungen haben müsste u. s. f.

Ring, s'Gravesande'scher, ist ein kleiner Metallring, durch welchen bei gewöhnlicher Temperatur eine Kugel aus Messing oder Kupfer eben hindurchgeht, ohne hängen zu bleiben. Wird die Kugel erwärmt auf den Ring gebracht, so geht sie nicht mehr hindurch, sondern bleibt liegen, bis sie durch Abkühlung sich wieder auf einen kleineren Durchmesser zusammengezogen hat.

Ringe, farbige, s. Art. Farbenringe.

Ringknorpel, heisst ein Theil des Kehlkopfs (s. d. Art.).

Ringkugel oder Armillarsphäre heisst eine Zusammensetzung mehrerer Ringe, welche die verschiedenen Kreise der Himmelskugel

darstellen, um deren gegenseitige Lage zu veranschaulichen. Gewöhnlich ist in der Mitte der Ringkugel ein kleiner Erdglobus angebracht.

Ritchie's Photometer (Lichtmesser), s. Art. Photometer.

Ritter'sche Säule, s. Art. Ladungssäule.

Roberval'sche Waage heisst ein im 17. Jahrhundert von Roberval angegebenes und ausgeführtes Instrument, welches als mechanisches Curiosum und Paradoxon ein gewisses Aufsehen erregte. Das Instrument besteht aus einem hölzernen Parallelogramme, dessen Seiten in den Winkeln drehbar sind; die beiden langen Seiten sind in ihrer Mitte an einem Gestelle um Stifte in einer Verticalebene beweglich, wobei sie immer parallel und die kürzeren Seiten vertical bleiben; an den kürzeren Seiten sind in ihrer Mitte dieselben senkrecht kreuzende, gleich lange und in der Ebene des Parallelogramms liegende Stäbe angebracht. Das Ganze muss so gearbeitet sein, dass das Parallelogramm in jeder Stellung stehen bleibt, in welche man dasselbe durch Drehung bringt. Das Paradoxe soll nun darin bestehen, dass gleiche Gewichte, die man an den Stäben, welche die kürzeren Seiten kreuzen, anhängt, sich stets das Gleichgewicht halten, in welcher Entfernung von dem Ruhepunkte des Parallelogramms sie auch angebracht sein mögen. Die Erscheinung erklärt sich indessen einfach daraus, dass die Stäbe, an welchen die Gewichte hängen, an den kürzeren Seiten fest sind, und dass also der Zug der Gewichte an den kürzeren Seiten so wirkt, als wären sie in der Richtung derselben angebracht. Da nun die kürzeren Seiten stets vertical sind und sie in gleichen Entfernungen von der Mitte der langen Seiten hängen, so bleibt das statische Moment der Gewichte in Bezug auf die Mitte der langen Seiten stets gleich. S. Art. Bewegungslehre. IV. 3. S. 96.

Das Roberval'sche Prinzip hat übrigens in der Tafelwaage Verwendung gefunden (s. Art. Tafelwaage).

Rochon's Mikrometer } s. Art. Bergkrystallmikrometer im Art.
Rochon's Prisma } Mikrometer. 3.

Röhre, Eustachische oder Ohrtrompete, s. Art. Ohr.

Röhre, Franklin'sche oder Pulshammer (s. d. Art.).

Röhre, Mayer'sche, angegeben zuerst von J. T. Mayer, ist eine an beiden Enden offene, aber oben mit einem Klappenventile versehene Röhre. Taucht man dieselbe mit dem unteren Ende in ein Gefäss mit Wasser und bewegt sie dann schnell auf und nieder, so steigt die in ihr enthaltene Wassersäule empor, indem sie die Luft durch das Ventil ausstösst. Da das Ventil beim schliesslichen Herausziehen der Röhre aus dem Wasser geschlossen bleibt und den Zutritt der äusseren Luft verhindert, so bleibt dann die Röhre, wie ein Stechheber, gefüllt.

Röhre, Pitot'sche, s. Art. Pitot'sche Röhre.

Röhre, Torricelli'sche, heisst die Röhre des Quecksilberbarometers. S. Art. Barometer.

Röhren, communicirende, s. Art. Communicirende Gefässe.

Röhren, Geissler'sche, zuerst angefertigt von dem Mechanikus Geissler in Bonn, sind verschieden gestaltete Glasröhren, die mit verschiedenen Gasen in verdünntem Zustande gefüllt und an jedem Ende mit einem eingeschmolzenen Platindrahte versehen sind. Um die Röhren zu füllen, wird an einer Stelle an der Seite ein kurzes Rohr angeblasen und die Röhre durch dies mit einer guten Luftpumpe in Verbindung gebracht. Nach dem ersten Auspumpen wird das bestimmte Gas eingelassen, dann wieder bis auf $^1/_2$ bis 1 Linie Quecksilberdruck ausgepumpt und die Röhre zugeschmolzen. Ausserdem bedient sich Geissler noch eines zusammengesetzteren Apparates, wenn es darauf ankommt, ganz gewiss nur ein bestimmtes Gas in die Röhre zu füllen, also die Röhre vollkommen leer zu haben. Dieser Apparat gründet sich auf die Erzeugung eines Torricelli'schen Vacuums in der Röhre. Die Geissler'schen Röhren dienen zur Erzeugung des geschichteten Lichtes (s. d. Art.).

Röhren, tönende, s. Art. Ton.

Röhrenleitung, s. Art. Röhrenwiderstand.

Röhrenlibelle heisst eine Wasserwaage mit Luftblase (s. Art. Libelle) in der Form einer Röhre im Gegensatze zu der dosenförmigen Dosenlibelle (s. d. Art.). Zu der Röhrenlibelle wird gewöhnlich eine 2 bis 9 Zoll lange, im Durchmesser 8 bis 9 Linien weite Glasröhre genommen, die bis auf einen kleinen, mit Luft erfüllten Raum mit Flüssigkeit gefüllt und an beiden Enden hermetisch verschlossen wird. Die Röhre wird vorher ausgeschliffen und erhält dabei auf der oberen Seite eine schwache Krümmung; ferner muss sie calibrirt sein, damit die Luftblase von der Mitte aus sich nach beiden Seiten bei jeder Temperatur um gleich viel verändert. Je schwächer die Krümmung ist, desto länger nimmt man in der Regel das Rohr. Zur Füllung braucht man Alkohol oder Schwefeläther. Die gefüllte und verschlossene Röhre kommt in ein messingenes Rohr, welches auf der einen (oberen) Seite beinahe in der ganzen Länge des Glasrohres ausgeschnitten ist, so dass man dies frei liegen sieht. In der Mitte des Ausschnittes ist der höchste Punkt der kreisförmigen Krümmung der Glasröhre und dort wird also auch, wenn die Libelle genau horizontal gestellt wird, die Luftblase stehen. Denkt man sich nun die Metallröhre entweder unten an den Enden mit zwei Fussgestellen, um sie dadurch z. B. auf einen Tisch zu stellen, oder oben ebenfalls an den Enden mit zwei Haken versehen, um sie dadurch an irgend eine Axe (z. B. an die Drehungsaxe eines Passageninstrumentes) zu hängen, so wird man in jenem Falle den Tisch und in diesem die Axe horizontal stellen können, wenn die Neigung des Tisches und der Axe durch Schrauben verändert werden kann, indem man so lange corrigirt, bis die Blase in der Mitte steht, vorausgesetzt, dass auf

einem horizontalen Tische die Füsse und bei einer horizontalen Axe die Haken so abgepasst waren, dass die Blase die Mitte der Röhre einnahm. — Um die Libelle dahin zu bringen, dass auf einem horizontalen Tische und an einer horizontalen Axe die Blase in der Mitte der Röhre steht, wird eins jener Fussgestelle und einer jener Haken so eingerichtet, dass sie sich mittelst einer angebrachten Schraube etwas verlängern oder verkürzen lassen. Libellen zum Aufsetzen auf Flächen versieht man auch wohl mit einer massiven ebenen Platte, welche die beiden Fussgestelle trägt; mit dem einen Fussgestelle ist die Libelle am Ende der Fassung durch eine Schraube in fester Verbindung oder durch ein Charnier eingelenkt, an dem anderen kann das Röhrenende durch eine Schraube ein wenig gehoben oder gesenkt werden. — Ist die Libelle soweit hergestellt, dass auf horizontalem Tische oder an horizontaler Axe die Blase in der Mitte steht, so bringt man bei feinen Libellen noch Theilstriche an, welche dem Neigungswinkel entsprechen, welchen ein nicht genau horizontaler Tisch oder eine nicht genau horizontal liegende Axe mit dem Horizonte bilden. Bei guten Libellen ist immer auf den Verschlussplatten der Winkel angegeben, welcher der Entfernung der Theilstriche entspricht. Da die Libellen selten ganz genau angetroffen werden, so muss man die Libelle nicht bloss in einer Richtung beobachten, sondern stets auch in der entgegengesetzten Aufstellung. — Dass die Röhrenlibelle nur in einer Richtung die Horizontalität ergiebt, versteht sich von selbst; bei horizontaler Einstellung einer ebenen Fläche muss man daher stets in zwei zu einander senkrechten Richtungen beobachten. Auch hat man zu solchem Zwecke zwei zu einander senkrecht stehende Libellen auf einem einzigen Untergestelle.

Zwischen 1666 und 1681 soll Huyghens an einem Fernrohre eine Libelle angebracht haben; sicher ist, dass Hooke (1674) die Luftblase in einer Röhre zum Nivelliren (s. d. Art.) angewendet hat. Die ersten genauen Libellen haben wohl Reichenbach und Fraunhofer in München geliefert; übertroffen hat sie dann, wie es scheint, Repsold in Hamburg.

Röhrenwiderstand oder Widerstand der Wände nennt man den Widerstand, welchen die Anziehung der Röhrenwände der Bewegung des in Röhren fliessenden Wassers entgegensetzt. Dieser Widerstand ist desto beträchtlicher, je grösser die Fläche ist, in welcher das Wasser die Röhre berührt. Es ist dies eine Folge davon, dass bei einer grösseren Fläche die Wassermasse von desto mehr Punkten losgerissen werden muss. Daher ist dieser Widerstand dem benetzten Umfange und der Länge, folglich dem Producte beider proportional. Da sich dieser Widerstand übrigens auch über die ganze Wassermasse verbreitet, so wird die mittlere Geschwindigkeit dem Inhalte des Querschnitts umgekehrt proportional. Soll das durch die Röhre fliessende Wasser eine bestimmte Geschwindigkeit erhalten, so muss die hierzu erforderliche

Kraft desto beträchtlicher sein, je grösser die Geschwindigkeit werden soll; dabei kommt aber auch die Kraft zur Ueberwindung des Widerstandes mit in Betracht und dieser ist dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre proportional. Sind Q und q die Inhalte der Querschnitte, P und p die benetzten Umfänge, L und l die Längen, V und v die mittleren Geschwindigkeiten und W und w die Widerstände, so ist $W : w = \frac{LPV^2}{Q} : \frac{lpv^2}{q}$. — Von der drückenden Kraft geht beim Fliessen des Wassers durch die Röhrenleitung, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, fortwährend ein Theil verloren; es bleibt also, je länger die Leitung ist, ein immer kleinerer Theil der Kraft zur Ueberwindung der Hindernisse übrig; es wird daher auch der Druck der Flüssigkeit gegen die Wände immer kleiner und entfernt sich immermehr von der theoretischen Druckhöhe, die nach dem lothrechten Abstande der betreffenden Stelle von dem Niveau im Behälter bemessen wird. Bringt man daher an verschiedenen Stellen einer horizontalen Leitung vertical aufwärtsgehende Röhren an, so steigt in ihnen das Wasser um so weniger hoch, je weiter ab die Röhren in der Richtung des Fliessens angebracht werden.

Römische oder **romanische Waage** ist eine Schnellwaage (s. d. Art.).

Rösche nennt man das relative Gefälle eines fliessenden Gewässers, d. h. das Gefälle auf die Längeneinheit. Da nun das Gefälle der verticale Höhenunterschied einer Strecke am Anfang und Ende ist, so ist die Rösche der Sinus der Neigung der Strecke oder das Gefälle dividirt durch die Länge.

Rohr der Rohrwerke, s. Art. Oboe.

Rohrwerke, z. B. Clarinette, Oboe, Fagott, sind Zungenpfeifen (s. d. Art.).

Rolle heisst eine kreisrunde, um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe drehbare und an dem Umfange zur Aufnahme eines Seiles mit einer Rinne versehene Scheibe. Die Vorrichtung, in welcher die Pfannen der Axe liegen, nennt man den Kloben. Verändert die Axe ihren Ort nicht, so heisst die Rolle eine feste; findet dies aber statt, so eine bewegliche.

A. An der festen Rolle, bei welcher die Last und Kraft an dem Seile, welches in der Rinne liegt, einander entgegen wirken, ist Gleichgewicht, wenn von allen Hindernissen abgesehen wird, sobald die Kraft gleich der Last, also $K = L$ ist. Die feste Rolle ist ein System festverbundener Punkte, bei welchem die Entfernung der Kraft gleich derjenigen der Last ist, die Richtungen mögen sein, welche sie wollen (vergl. Art. Bewegungslehre. V.), und lässt sich als ein immerwährender gleicharmiger Hebel (s. Art. Hebel) betrachten. Es ist

daher die feste Rolle nur eine Richtungsmaschine, da weder an Kraft noch an Geschwindigkeit bei ihr gewonnen wird; denn der Weg der Last ist stets gleich dem der Kraft.

Nimmt man auf das Gewicht G der Rolle und auf die Zapfenreibung (s. Art. Reibung) Rücksicht, so hat man bei paralleler Seilrichtung als Zapfendruck $K + L + G$, und wenn f den Reibungscoefficienten und r den Zapfenhalbmesser bezeichnet, so muss man bei eintretensollender Bewegung eine Kraft anwenden, die nicht blos grösser als L ist, sondern sie muss noch $f \cdot \frac{r}{R} (K + L + G)$ mehr betragen, wenn R den Halbmesser der Rolle ausdrückt. — Ausserdem kommt auch noch der Widerstand wegen der Steifigkeit der Seile (s. d. Art.) in Betracht.

B. Bei der beweglichen Rolle ist das eine Ende des Seiles irgendwo befestigt, die Last hängt an dem Kloben und die Kraft wirkt an dem anderen Seilende, welches gewöhnlich über eine feste Rolle geht. An dieser Rolle ist — abgesehen von allen Hindernissen — Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie der Halbmesser der Rolle zur Sehne des von dem Seile umfassten Bogens. Ist R der Halbmesser und S die Sehne, oder α der zur Sehne gehörige Centriwinkel, so ist also $K : L = R : S$, oder $K = L \cdot \frac{R}{S} = \frac{L}{2 \sin {}^1/_2 \alpha}$. Es ist also $K = {}^1/_2 L$ der kleinste Werth von K, und zwar ist dies der Fall, wenn die Seilenden parallel laufen, d. h. bei parallel laufenden Seilenden braucht man zum Gleichgewichte nur eine Kraft, welche halb so gross sein würde, als ohne Maschine; aber dafür ist der Weg der Last auch nur halb so gross als der Weg der Kraft, sobald Bewegung eintritt, wie denn überhaupt auch hier die güldene Regel (s. Art. Regel, güldene) gilt. — Es versteht sich von selbst, dass auch die Kraft an dem Kloben und die Last an dem Seile wirkend angenommen werden kann. Die Verhältnisse sind dann die umgekehrten, da eine Vertauschung von K und L eingetreten ist.

C. Durch Combination mehrerer beweglicher und fester Rollen erhält man die Flaschenzüge oder Rollenzüge, deren Erfindung man dem Archimedes zuschreibt. Von den vielen Arten heben wir den gemeinen Flaschenzug und den Potenzflaschenzug hervor.

1) Der gemeine Flaschenzug besteht aus zwei Kloben, von denen der eine fest, der andere beweglich ist, und über alle Rollen geht ein einziges Seil, an dessen freiem Ende die Kraft wirkt, während die Last an dem Kloben der beweglichen Rollen befestigt ist. Hat der feste Kloben ebenso viel Rollen als der bewegliche, so nennt man den Flaschenzug einen symmetrischen; hat hingegen der feste Kloben

eine Rolle weniger, so einen unsymmetrischen. Bei jenem ist das feste Seilende an dem festen, bei diesem an dem beweglichen Kloben angebracht. Unter der Voraussetzung, dass die Seilstrecken zwischen den Kloben parallel laufen, ist bei n Rollen in dem beweglichen Kloben an dem symmetrischen Flaschenzuge — abgesehen von allen Hindernissen — Gleichgewicht, wenn die am freien Seilende wirkende Kraft $K = \frac{L}{2n}$, und an dem unsymmetrischen, wenn $K = \frac{L}{2n+1}$ ist.

Die Rollen sind an dem Kloben entweder neben einander gestellt und haben gleiche Grösse, oder sie liegen mit ihren Flächen in einer Ebene und nehmen der Reihe nach an Grösse ab. Im ersten Falle kann man zwar die Kloben einander oder vielmehr den beweglichen Kloben dem Befestigungspunkte des festen mehr nähern als im zweiten; aber die Rollen desselben Klobens haben dann eine gemeinschaftliche Axe, welche die ganze Last zu tragen hat und deshalb besonders stark gearbeitet sein muss. — Die obigen Gleichgewichtsresultate ergeben sich einfach daraus, dass die Last von einem und demselben Seile getragen wird, welches im ersten Falle zwischen den Kloben $2n$fach und im anderen $2n + 1$fach verläuft, daher auch in jenem nur eine Spannung $= \frac{L}{2n}$ und in diesem $= \frac{L}{2n+1}$ erleidet. Das freie Seilende braucht also zum Gleichgewichte auch nur diese Spannung zu erhalten. — Auch hier versteht es sich von selbst, dass K und L vertauscht werden können. Es geschieht dies z. B. hier und da bei Gewichtsuhren, bei denen für das Gewicht der ausreichende Raum zum Fallen nicht vorhanden ist.

2) Der Potenzflaschenzug besteht aus mehreren beweglichen Rollen und einer festen mit soviel Seilen, als bewegliche Rollen vorhanden sind. Jedes Seil ist mit dem einen Ende irgendwo befestigt, das andere Ende wird an dem Kloben der nächsten beweglichen Rolle angebracht; das um die letzte bewegliche Rolle gelegte Seil geht aber über die feste Rolle und an dem freien Ende desselben wirkt die Kraft, während die Last an dem Kloben der äussersten beweglichen Rolle hängt. Laufen die Seilstrecken zwischen den beweglichen Rollen parallel, wie es gewöhnlich geschieht, so ist — abgesehen von allen Hindernissen — Gleichgewicht, wenn $K = \frac{L}{2^n}$ ist. — Wäre die bewegliche Rolle, an welcher die Last hängt, allein vorhanden, so würde eine Kraft $= \frac{1}{2} L$ zum Gleichgewichte erforderlich sein. Diese Kraft $\frac{1}{2} L$ wirkt als Last an der vorletzten beweglichen Rolle und erfordert also zum Gleichgewichte $\frac{1}{2} (\frac{1}{2} L) = \frac{L}{2^2}$; diese Kraft wirkt an der drittletzten Rolle als Last und erfordert also $\frac{1}{2} \left(\frac{L}{2^2}\right)$ zum Gleichgewichte, also $\frac{L}{2^3}$ u. s. f.

Der Weg der Last ist selbstverständlich in demselben Verhältnisse kleiner als der Weg der Kraft und es lassen sich daher durch einen solchen Flaschenzug überhaupt nur Lasten durch einen kleinen Weg bewegen.

Rollen des Donners, s. Art. Donner.

Rollen der See bezeichnet eine rollende Bewegung der Wellen. Die Seeleute sagen dann, dass die See hohl geht. Besonders an flachen Küsten ist das Rollen der Wellen häufig.

Rollende oder **wälzende Reibung**, s. Art. Reibung.

Rollenzug, s. Art. Flaschenzug und Rolle. C.

Romanische oder **römische Waage**, s. Art. Schnellwaage.

Romershausen'sche Presse, s. Art. Luftpresse.

Rose des Compasses, s. Art. Windrose.

Rose'sches Metallgemisch ist eine Legirung aus 2 Theilen Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn. Dies Gemisch schmilzt bereits bei + 94° C., ausserdem dehnt es sich beim Festwerden aus und hat bei 69° C. einen Punkt grösster und bei 44° C. kleinster Dichtigkeit oder bei 69° C. ein Minimum und bei 44° C. ein Maximum des Volumens.

Rossol oder Seerossol heisst das Salz, welches sich auf den Eisflächen des sibirischen Polarmeeres ausscheidet.

Rost bei Heizung, s. Art. Heizung.

Rostpendel heisst ein Compensationspendel (s. d. Art.), welches aus Metallstäben von verschiedenen Wärmeausdehnungscoefficienten, die rostförmig neben einander liegen, zusammengesetzt ist.

Rotation bedeutet die Drehung eines Körpers um sich selbst, d. h. um seine Axe, oder auch um einen ausserhalb gelegenen Punkt oder anderen Körper. Ein Rad rotirt um seine Axe, ebenso die Sonne um die ihrige; die Planeten rotiren nicht blos um ihre Axe, sondern auch um die Sonne. Wegen der Rotationsgesetze s. Art. Bewegungslehre. IV. 8. S. 99.

Rotationsapparate oder Rotationsmaschinen sind manche Apparate oder Maschinen vorzugsweise genannt worden, wenn sie zu besonderem Zwecke construirt wurden oder wenn bei ihrer Rotation Eigenthümlichkeiten auftreten, welche ein besonderes Interesse erregen. Die Schwungmaschine ist ein Rotationsapparat zur Darlegung der Schwunggesetze; jedes Räderwerk kann als ein Rotationsapparat angesehen werden; electrische Rotationsapparate haben das Eigenthümliche, dass die Electricität als bewegende Kraft benutzt ist (vergl. Art. Electromagnet). Hier soll von dem Fessel'schen und dem Bohnenberger'schen Rotationsapparate das Wesentlichste mitgetheilt werden.

A. Der Fessel'sche Rotationsapparat besteht in seiner einfachsten Einrichtung aus einer am Rande mit einem Wulste versehenen messingenen Kreisscheibe mit einer hohlen metallenen Axe, die

einen cylindrischen Kern enthält, um welchen die Scheibe rotiren kann. Der Kern geht durch die Mitte der Scheibe, ragt an beiden Seiten aus der hohlen Axe hervor und ist ausserhalb der letzteren verdickt, so dass sich die Scheibe auf dem Kerne nicht verschieben kann. Das eine Ende des Kernes endet in eine kleine Kugel, neben welcher auch wohl zu manchen Versuchen eine kleine Vertiefung ist, in welche die Spitze eines Stativs passt; das andere Ende wird zweckmässig halbkugelförmig vertieft. Die hohle metallene Axe ist auswendig mit Rillen versehen, um einem um dieselbe gewickelten Faden mehr Halt zu geben. Zu den Versuchen ist ein kleines Stativ erforderlich, welches einen verticalen Stab enthält, der oben in eine halbkugelförmige Vertiefung oder in eine Spitze endet.

Setzt man die Metallscheibe durch schnelles Abziehen eines um die hohle, gerillte Axe gewickelten Fadens in schnelle Rotation und bringt darauf das kugelförmige Kernende auf die kugelförmige Vertiefung des Stativs oder setzt man dasselbe Ende mit der kleinen Vertiefung auf das in eine Spitze auslaufende Stativ, so fällt die rotirende Scheibe, ungeachtet der Schwerpunkt jeder Unterstützung entbehrt, nicht herab, so lange die Rotation mit hinreichender Geschwindigkeit erfolgt, mag der Kern horizontal oder schief liegen, sondern sie schwebt der Wirkung der Schwerkraft entgegen. Hierzu kommt noch, dass gleichzeitig mit der Rotation der Scheibe um den Kern sich dieser auch um den verticalen Ständer herum bewegt.

Dass die Axe (der Kern) ihre Neigung beibehält, ist das Eigenthümliche der sogenannten freien Axen (s. Art. Axe). Rotirt nämlich ein Körper um eine durch ihn hindurchgehende Axe und liegt seine Masse symmetrisch vertheilt um dieselbe herum, so wird der Zug, den die auf einer Seite der Axe gelegenen Massentheilchen durch die Centrifugalkraft auf diese ausüben, durch den gleichen entgegengesetzten Zug der auf der entgegengesetzten Seite liegenden gleichen Masse aufgehoben, so dass die Axe nach keiner Seite hin einen Zug erleidet, also nach keiner Seite hin einen Antrieb zur Bewegung erfährt, vielmehr die Richtung, die sie hat, mit Beharrlichkeit beizubehalten strebt. Es ist dies der Grund, warum die Erdaxe bei der Bewegung der Erde um die Sonne eine parallele Richtung beibehält. Ebenso erklärt sich daraus, warum ein Kreisel in schräger Stellung rotirt.

Die zweite Erscheinung findet ihre Erklärung wesentlich in Folgendem: Gesetzt der Apparat würde anfangs mit dem Kerne in horizontale Lage gebracht und darin erhalten und die Scheibe rotire in der Weise, dass die dem Beobachter zugekehrte Seite sich aufwärts bewegt, so haben in Folge der Rotation alle Theile der Scheibe eine tangentiale Geschwindigkeit, welche man sich in verticale und horizontale Componenten zerlegt denken kann. Bei der angenommenen Rotationsrichtung geht die verticale Componente in der dem Beobachter zugewendeten Scheibenhälfte

23*

hinauf, in der abgewendeten hinunter, die horizontale hingegen in der oberen von dem Beobachter weg, in der unteren auf ihn zu. Wird nun der auf das Stativ aufgesetzte Kern losgelassen, so muss offenbar in Folge der Wirkung der Schwerkraft zunächst das Ende des Kernes, welches nicht unterstützt ist, sich ein wenig senken, so dass die Scheibe eine schiefe Stellung erhält. Denkt man sich nun wieder die tangentiale Geschwindigkeit in horizontale und verticale Componenten zerlegt, so fallen die horizontalen zwar nicht mehr in die Scheibenfläche, wohl aber alle auf dieselbe, nämlich linke Seite derselben, sind an den Endpunkten desselben Durchmessers gleich gross und auf der unteren Hälfte auf den Beobachter zu, auf der oberen von diesem weg gerichtet, erhalten also die Scheibe in Rotation und ausserdem suchen sie dieselbe zu heben. Die verticalen Componenten hingegen, die auf der dem Beobachter zu liegenden Hälfte aufwärts und auf der anderen abwärts gerichtet sind, treten da, wo sie aufsteigen, nach der Rechten und wo sie absteigen nach der Linken aus der Scheibe heraus. Sie werden also, da die Theilchen der Scheibe ihnen nicht mehr ganz folgen können, eine zur Seite gerichtete Kraft auf dieselbe ausüben, welche, da diese gegen die Ebene der Scheibe senkrecht steht, die vordere Hälfte derselben nach der Rechten, die hintere nach der Linken zieht. Beide Wirkungen unterstützen sich also und die nothwendige Folge davon ist eine Rotation des Kernes nebst der um ihn rotirenden Scheibe um die verticale Axe des Stativs von oben gesehen im entgegengesetzten Sinne eines Uhrzeigers, also in einer Richtung, die der Rotationsbewegung des obersten Punktes der Scheibe entgegengesetzt ist. Ganz die nämlichen Erscheinungen und aus denselben Gründen zeigen sich, wenn der Kern auf dem Stative in schiefer Richtung anstatt in horizontaler aufgesetzt worden ist, nur ändert sich die Geschwindigkeit der Rotation des Kernes um die Spitze mit der Schiefe des Kernes. Ebenso erklärt sich die Erscheinung, dass, wenn auf die freie Axe von aussen her eine Kraft wirkt, welche sie nach aufwärts zu verrücken strebt, die Bewegung dieser Axe um die Axe des Stativs in einer Richtung vor sich geht, welche im Vergleiche mit dem vorigen Falle im entgegengesetzten Sinne erfolgt.

Den hier zu Grunde gelegten Apparat hat man noch mehrfach abgeändert. Man hat die Scheibe mit einem Rahmen umgeben, der an einer Stelle in seiner Ebene in einen kleinen Stiel ausläuft; das innere Ende dieses Stieles bildet eine Pfanne zur Aufnahme der massiven Axe der Scheibe, während die andere Pfanne gegenüber in dem Rahmen selbst liegt. Der Rahmenstiel wird mit einer Vertiefung auf die Spitze des Stativs gesetzt. Oder man lässt die Axe des Rähmchens in einem Ringe laufen, der wieder in einem Ringe senkrecht zur Axe beweglich ist. Dieser Ring trägt einen cylindrischen Stab und das Ganze ist um eine horizontale Axe in einer Gabel beweglich, deren cylindrischer Stiel aus Stahl in einer Hülse steckt und darin leicht drehbar ist. Längs des

Stabes lässt sich ein Gewicht verschieben und überall feststellen. Wird nun vorausgesetzt, der Ring sei in der Ebene des Ringes festgestellt, das Gewicht auf dem Stabe soweit hinaufgeschoben, dass die beiden Ringe mit der Scheibe das Uebergewicht haben und bis zur Berührung mit der verticalen Axe der Spitze herabsinken, aber der Stab mit dem Ringe und der Scheibe in eine etwas ansteigende Stellung gebracht, darin mit der linken Hand festgehalten und während dem mit der rechten eine vorher um die Axe herumgewickelte Schnur schnell abgezogen, so dass die Scheibe möglichst schnell rotirt, so findet dann doch keine Senkung der Ringe und der Scheibe statt und das Ganze rotirt um die Axe der Spitze in einer Richtung, welche jener des obersten Punktes der um die Radaxe rotirenden Scheibe entgegengesetzt ist. — Die Rotationsrichtung um die verticale Axe der Spitze hingegen ist einerlei mit jener des obersten Punktes der rotirenden Scheibe, wenn — bevor das Ganze in die ansteigende Stellung gebracht, darin festgehalten und die Schnur abgezogen wird — das Gewicht auf der Axe soweit hinabgeschoben wurde, dass das Uebergewicht auf Seite des Gewichtes war und das Gewicht bis zur Berührung mit dem Fusse des Ständers hinabsank. — Ist endlich das Gewicht so gestellt, dass dasselbe der Scheibe und den Ringen das Gleichgewicht hält, so tritt gar keine Bewegung um die Spitze des Ständers ein, wenn die Axe horizontal war, da in diesem Falle die Wirkung der Schwerkraft, welche den ersten Antrieb dazu in den anderen Fällen giebt, fehlt.— Ist der Ring, in welchem die Axe der Scheibe sich dreht, frei, so bleibt die Axe der Scheibe sich parallel, wie dies auch ein Rotationsapparat von Bohnenberger zeigt.

B. Der Bohnenberger'sche Apparat besteht aus 3 in einander liegenden Ringen, deren innerster eine Kugel enthält, welche um ihre Axe in schnelle Rotation versetzt werden kann. Der äusserste Ring steht auf einem Gestelle fest in verticaler Ebene. Der zweite Ring kann sich in dem vorigen frei um eine verticale Axe drehen. Der dritte Ring ist in dem zweiten um eine Axe frei drehbar, welche die Drehungsaxe des zweiten senkrecht schneidet, und in diesem Ringe ist endlich eine Kugel um eine Axe drehbar, welche wieder auf der letzteren Axe senkrecht steht. Die Kugel wird mit Hilfe eines um ihre Axe gewickelten Fadens durch schnelles Abziehen desselben in Rotation versetzt, wobei man den die Kugel tragenden Ring festhält. Die Axe der Kugel kann sich bei dieser Einrichtung ganz frei nach allen Richtungen drehen; rotirt nun die Kugel, so mag man den Apparat drehen und wenden, wie man will, dennoch bleibt die Axe der Kugel sich fortwährend parallel. Es bestätigt somit der Apparat die Erhaltung der Rotationsebene einer freien Axe.

Rotationsebene, Erhaltung der, s. Art. Rotationsapparat. A. und B.

Rotationsmagnetismus nennt man die 1825 von Arago ge-

machte Entdeckung, dass eine rotirende Metallscheibe eine über ihr schwebende, sonst vollständig geschützte Magnetnadel in Drehung versetzt. Die Erscheinung beruht auf electrischer Induction. Das Nähere enthält Art. *Induction*. F.

Rotationsmaschine, s. Art. *Rotationsapparat*.

Rotatorisch bedeutet drehend.

Rothbrüchig nennt man Eisen, wenn es rothglühend gehämmert zerbröckelt. Das Eisen bekommt diese Eigenschaft durch einen Gehalt von Schwefel, Arsen oder Kupfer. Vergl. Art. *Kaltbrüchig*.

Rückläufig oder *retrograd*, s. Art. *Rechtläufig*.

Rückschlag bezeichnet die plötzliche Rückkehr eines Leiters, welcher durch starke electrische Vertheilung in den electrischen Zustand versetzt war, in den unelectrischen Zustand in Folge des Aufhörens der vertheilenden Einwirkung. In Folge des Rückschlages können sogar Tödtungen herbeigeführt werden, wenn nämlich die vertheilende Wirkung einer Gewitterwolke auf einen Menschen dadurch plötzlich aufhört, dass die Wolke durch eine Entladung (Blitzschlag an einer entfernteren Stelle) unelectrisch wird. Vergl. Art. *Gewitter*. Auch die von *Galvani* beobachteten Froschzuckungen, welche zur Entdeckung des Galvanismus führten, waren eine Folge des Rückschlags durch die in der Nähe der Frösche stehende Electrisirmaschine. Vergl. Art. *Galvanismus*. A.

Rückstand, *electrischer*, s. Art. *Residuum*.

Rückstoss ausströmender Flüssigkeiten, s. Art. *Rückwirkung*.

Rückstrom, ein, sollte nach *de la Rive* in der geschlossenen Säule stattfinden und der durch die Electroden geleitete Strom nur der Ueberschuss des letzteren über den ersteren sein. *Poggendorff* hat namentlich das Unbegründete dieser Annahme nachgewiesen.

Rückwirkung, *Rückstoss*, *Reaction*. Ein mit Flüssigkeit gefülltes, an einer Stelle der Seitenwand unter der Oberfläche mit einer Oeffnung versehenes Gefäss erhält durch das Ausströmen der Flüssigkeit aus dieser Oeffnung das Betreben, in der Richtung sich zu bewegen, welche der Ausflussrichtung entgegengesetzt ist. Tritt unter diesen Umständen wirklich Bewegung des Gefässes ein, so sagt man, die Bewegung sei eine Folge der *Reaction* oder *Rückwirkung* oder des *Rückstosses* oder eine *Reactionswirkung*.

Alle in derselben Horizontalebene liegenden Theilchen einer ruhigen Flüssigkeit erleiden denselben Druck, ferner haben mit Flüssigkeit gefüllte Gefässe an jeder Stelle denselben Druck auszuhalten, welchen die Flüssigkeitstheilchen daselbst erleiden; folglich drückt die Flüssigkeit, wenn das Gefäss an den Wänden allenthalben verschlossen ist, an jeder Stelle so stark, als an der in derselben Horizontalen liegenden gerade entgegengesetzten Stelle. Gleich stark entgegengesetzt gerichtete Kräfte heben sich gegenseitig auf: folglich kann das Gefäss nach keiner Rich-

tung hin sich bewegen. Anders wird es, wenn die Flüssigkeit durch eine Oeffnung ausfliessen kann. An der Stelle, welche der Ausflussrichtung entgegengesetzt liegt, drückt die Flüssigkeit an die Gefässwand mit der Stärke, welche der Tiefe unter der Oberfläche entspricht; der gerade entgegengesetzte Druck an der Ausflussöffnung findet nicht mehr statt, weil hier eben eine Oeffnung ist; folglich wird der Druck an der Stelle, welche der Ausflussöffnung entgegengesetzt ist, nicht mehr aufgehoben, wird also zur Wirksamkeit kommen wollen, d. h. das Gefäss erhält das Bestreben, sich in der Richtung zu bewegen, welche der Ausflussöffnung entgegengesetzt ist. Ist das Gefäss leicht beweglich, so wird die Bewegung auch wirklich in dem angegebenen Sinne eintreten.

Es erklärt sich hieraus die Wirkung des Segner'schen Rades oder Reactionsrades, s. Art. Rad, Segner's; ebenso findet dies Princip bei vielen Turbinen (s. d. Art.) Anwendung; sogar zur Fortbewegung von Schiffen hat man dasselbe benutzt, z. B. bei dem Schiffe Albert in Stettin (s. Art. Dampfschiff). Auch der Rückstoss expansibler Flüssigkeiten, der Luftarten, beruht hierauf, z. B. das Zurückprallen der Kanonen nach dem Abfeuern, das Steigen der Raketen etc. Vergl. auch das Tanzen des Cartesianischen Tauchers (s. d. Art.).

Rufer, s. Art. Sprachrohr.

Ruhe bezeichnet im Gegensatze zur Bewegung (s. d. Art.) das Beharren eines Körpers an seinem Orte. Wegen der relativen und absoluten Ruhe vergl. Art. Bewegung.

Ruhewinkel oder Reibungswinkel, s. Art. Reibung. E.

Ruhmkorff's Maschine, s. Art. Maschine, Ruhmkorff's.

Ruhss, s. Art. Seiches.

Rumb, besser Rhumb, ist gleichbedeutend mit Compassstrich. S. Art. Windrose.

Rumford's Calorimeter, s. Art. Calorimeter. S. 135.

Rumford's Differentialthermometer oder Thermoskop, s. Art. Differentialthermometer.

Rumford's Photometer, s. Art. Photometer.

Rumford'sche Suppe, s. Art. Digestor. Sie bestand aus in Wasser gekochten Knochen, hatte aber wenig Nährkraft.

Russ nennt man die schwarze Substanz, welche sich aus dem Rauche unvollkommen verbrennender kohlehaltiger Körper absetzt und in der Hauptsache aus Kohlenstoff besteht.

Ruthe, ein Längenmass von 12 Fuss, oder in der Decimalruthe von 10 Fuss.

Rutherford's Thermometer ist ein Maximum- und Minimumthermometer. S. Art. Thermometer.

S.

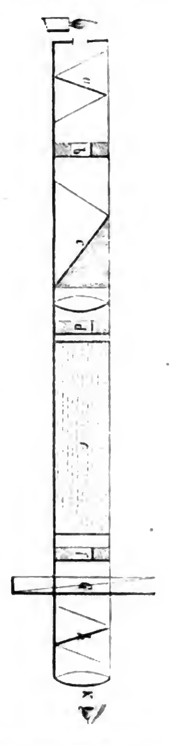
Saccharimeter oder Saccharometer und **Saccharimetrie** oder Saccharometrie. Die Saccharometrie beschäftigt sich mit der Ermittelung des Rohrzuckergehaltes der Rüben, des Rohzuckers etc. Es kann dies auf mechanischem, auf chemischem und auf physikalischem Wege geschehen.

Bei der mechanischen Methode trocknet man 25 bis 30 Gramm aus dem mittleren Theile der Rübe geschnittene dünne Scheiben in einer Porcellanschaale über Schwefelsäure oder im Trockenraume, bis der Rückstand spröde und pulverisirbar ist, auch nichts mehr an Gewicht verliert. Durch genaues Wiegen des Rückstandes erfährt man die Menge des Wassers und der in der Rübe enthaltenen Trockensubstanz. Aus dem gepulverten Rückstande löst man durch wiederholtes Ausziehen mit siedendem Alkohol von 0,83 spec. Gew. den Zucker. Lässt man diese alkoholische Lösung im leeren Raume über Aetzkalk stehen, so scheidet sich in Folge der Concentration der Zucker in kleinen, farblosen, durchsichtigen Krystallen ab und nach einigen Tagen enthält der fast absolute Alkohol nichts mehr gelöst. Den erhaltenen Zucker äschert man darauf ein, um die Quantität desselben genau zu erhalten, da die Rübe auch Salpeter enthält, der sich zugleich mit dem Zucker in dem kochenden Alkohol aufgelöst hat. Gute Zuckerrüben hinterlassen 20 Procent trocknen Rückstand, von denen man etwa 13 auf Zucker rechnen kann. Die Methode ist zeitraubend.

Die chemische Methode kann auf verschiedene Art ausgeführt werden. Man hat die nach bestimmten Gewichtsverhältnissen erfolgende Löslichkeit des Kalkhydrates im Rohrzucker benutzt, indem man die zuckerhaltige Flüssigkeit mit überschüssigem Kalkhydrate zusammenreibt und darauf aus der Menge des in der Flüssigkeit aufgelösten Kalkes, die man mit Hilfe von titrirter Schwefelsäure bestimmt, den Zuckergehalt berechnet. Da hierbei eine constante Zusammensetzung des in dem Wasser gelösten Zuckerkalkes vorausgesetzt wird, so ist dies Verfahren nicht allgemein anwendbar. — Eine andere Art ist die sogenannte Fehling'sche Probe, die sich darauf gründet, den Rohrzucker durch Säuren in Glycose überzuführen und durch letztere Kupferoxydhydrat zu Kupferoxydul, dessen Menge man bestimmt, zu reduciren. Wir müssen uns hier auf diese Notiz beschränken und bemerken nur, dass man nach dieser Methode schnell arbeiten und in etwa einer Viertelstunde eine Bestimmung ausführen kann. — Eine dritte Methode, die wir ebenfalls nur

andeuten können, ist die Gährungsprobe. Man verwandelt den in Glycose übergeführten Rohrzucker durch Gährung in Alkohol und Kohlensäure und ermittelt die Menge der letzteren.

Die physikalische Methode gründet sich auf die optischen Eigenschaften des Zuckers und zwar auf die Circularpolarisation (s. d. Art.), indem man aus der Grösse der Drehung, die eine Flüssigkeitsschicht von constanter Höhe hervorbringt, auf den Gehalt an drehendem Stoffe schliessen kann. Der in der Saccharometrie vorzugsweise benutzte Apparat ist das sogenannte Soleil'sche Saccharometer und dieses soll hier wenigstens in einer Skizze erläutert werden.



Die einzelnen Theile denke man sich in einem Polarisationsapparate (s. Art. Polarisation. A. c.) und zwar auf einem Gestelle mit verticaler und horizontaler Drehung, wie bei dem Dove'schen Polarisationsapparate. Durch das Nicol'sche Prisma (*a*) in der nebenstehenden Figur erhält man einen polarisirten Lichtstrahl, indem man z. B. das Licht einer Argand'schen Lampe auffallen lässt. Der polarisirte Strahl geht durch eine circular polarisirende Bergkrystallplatte (*b*), erscheint dadurch farbig und zwar in einer Mischfarbe wegen des auf (*a*) fallenden zusammengesetzten Lichtes. Das hierdurch gewonnene Strahlenbündel geht dann durch ein achromatisches Doppelspathprisma (*c*), wird dadurch doppelt gebrochen und in zwei complementär gefärbte Strahlen zerlegt, von denen wegen ihrer starken Divergenz der eine durch eine das Prisma bedeckende Convexlinse etwas gesammelt nach der Quarzplatte (*d*) zu geleitet wird, während der andere — zu weit seitwärts gehende — verloren geht. Die Quarzplatte (*d*) besteht aus zwei verschiedenen Hälften mit senkrechter Theilungsfläche, so dass diese mit der Längsaxe des Apparates zusammenfällt. Die eine Hälfte der Platte (*d*) ist aus einem rechts drehenden, die andere aus einem links drehenden Krystalle geschnitten; da aber beide Hälften gleiche Dicke haben, die eine also eben so stark rechts dreht wie die andere links, so erscheinen beide in derselben Farbe, obgleich jede Hälfte durch ein besonderes Strahlenbündel gefärbt wird. Gehen diese beiden Strahlenbündel nun durch eine rechts drehende Zuckerlösung in der Röhre (*e*), so vermehrt diese die Wirkung der rechts drehenden Hälfte der Quarzplatte (*d*) und

schwächt die Wirkung der links drehenden Hälfte, so dass die beiden vorher gleich gefärbten Strahlenbündel verschiedene Farben erhalten und das Gesichtsfeld in diesen beiden durch eine senkrechte Linie getrennten Farben erscheint. Das aus der Röhre (*e*) austretende Licht trifft in (*f*) auf eine rechts drehende Quarzplatte und dann auf zwei links drehende keilförmige Quarzplatten (*g*), welche so verbunden sind, dass sich durch ein Uebereinanderschieben die gesammte Dicke beider verändern lässt, wodurch folglich die Linksdrehung beider ebenfalls eine Aenderung erleidet, namentlich bei zunehmender Dicke gesteigert wird. Die optische Wirkung der Platten (*g*) wird durch die optische Wirkung von (*f*) gerade aufgehoben, so lange keine Verschiebung stattgefunden hat, so dass, wenn beide gleichzeitig hinter der Flüssigkeitsschicht (*e*) eingeschaltet werden, in dem Zustande des Gesichtsfeldes keine Aenderung eintreten kann. Vergrössert man aber durch Uebereinanderschieben der Platten (*g*) ihre gesammte Dicke und damit die links drehende Wirkung derselben, so wirken diese stärker links drehend als (*f*) rechts drehend, so dass endlich die rechts drehende Wirkung der Flüssigkeitssäule (*e*) aufgehoben wird und das Gesichtsfeld wieder einfarbig erscheinen muss. Die Zunahme der Dicke von (*g*) muss hierbei dem Drehungsvermögen der Flüssigkeit (*e*) entsprechen und kann demnach für diese ein Mass abgeben. Es ist diese Zunahme der Dicke durch eine mit einem Nonius versehene Scala zu messen, welche an den an einander verschiebbaren Keilen sich befindet. Das analysirende Nicol'sche Prisma ist (*h*); bei (*k*) wird ein kleines Galilei'sches Fernrohr angebracht, um die getheilte Platte (*d*) für jedes Auge deutlich einstellen zu können. Das Nicol'sche Prisma (*a*) und die Quarzplatte (*b*) sind gemeinschaftlich drehbar, um die Farbe des Gesichtsfeldes beliebig wählen zu können; gewöhnlich nimmt man aber blass-bläulich-grau, weil diese Farbe am empfindlichsten ist. Noch bemerken wir, dass das Nicol'sche Prisma, wie sonst bei den Polarisationsapparaten, um eine parallel der Längsaxe des Instrumentes liegende Axe drehbar ist, um den ganzen Apparat auf den Nullpunkt einstellen zu können. Die Länge des Flüssigkeitsrohres beträgt gewöhnlich 200 Millimeter und drehen 15 Gramm reiner und trockner Zucker in so viel Wasser gelöst, dass von der Auflösung 50 Cubikcentimeter angefüllt werden, die Polarisationsebene um 40°. In der Praxis wird die abgeputzte Rübe zerrieben und der erhaltene Brei ausgepresst. Mit diesem Safte füllt man 50 Cubikcentimeter an, setzt dazu 10 Cubikcentimeter Bleiessig, mischt beide Flüssigkeiten und filtrirt. Das klare Filtrat bringt man in die Röhre des Polarisationsapparates.

In neuester Zeit hat Wilde ein Saccharometer angegeben, welches vor dem Soleil'schen noch Vorzüge haben soll; vergl. Poggend. Ann. Bd. 122. S. 626. — Häufig benutzt man auch ein von Mitscherlich

angegebenes einfaches und billiges (28 Thlr.) Polarisationsinstrument, vergl. Dingler's polyt. Journ. Bd. 76. S. 379 und Bd. 84. S. 271.

Sättigen. } Ein Körper ist mit einem anderen oder durch einen
Sättigung. } anderen gesättigt oder es findet eine Sättigung eines Körpers mit oder durch einen anderen statt, wenn der eine so viel von dem anderen aufgenommen hat, als er unter den gegebenen Umständen aufzunehmen fähig ist. Im Zustande der Sättigung ist also das Maximum der Aufnahme eines Stoffes von einem anderen erreicht. Es gilt dies namentlich von den Lösungen und von der Absorption ponderabler Stoffe. In der Physik spricht man in diesem Sinne von einem mit Dampf gesättigten Raume (s. Art. Dampf. S. 180). Es findet aber auch der Begriff der Sättigung hier noch unter anderen Verhältnissen statt, nämlich in Bezug auf die Fähigkeit eines Körpers, einen bestimmten Zustand anzunehmen, der sich nur bis zu einer gewissen Intensität steigern lässt. In diesem Sinne spricht man z. B. von gesättigten Magneten. — Statt sättigen sagt man auch saturiren und statt Sättigung Saturation.

Sättigungscapacität würde das relative Vermögen der Körper bezeichnen, bei gleichem Gewichte oder gleichem Volumen durch einen bestimmten Stoff gesättigt zu werden (s. d. vorhergehenden Art.). In der Chemie versteht man nach Berzelius unter Sättigungscapacität namentlich die Sauerstoffmenge, welche in einer Base enthalten sein muss, damit sie mit 100 Gewichtstheilen freier Säure ein neutrales Salz bilde.

Säuerling, s. Art. Sauerbrunnen und Quelle. D.

Säule, electrische oder galvanische oder Volta'sche, heisst eine Zusammenstellung mehrerer galvanischer Elemente (s. Art. Elemente und Galvanismus), so dass das positive Glied des einen mit dem negativen Gliede des nächsten Elementes leitend verbunden ist. Sind galvanische Elemente in der Weise zusammengestellt, dass alle positiv-electrischen Glieder unter sich und alle negativ-electrischen Glieder ebenfalls unter sich leitend verbunden sind, so erhält man eine galvanische Batterie (s. Art. Batterie); indessen wird dieser Unterschied nicht streng beobachtet und für beide Arten der Combination häufig die Bezeichnung „Säule" gebraucht.

In Betreff der ursprünglichen Con truction der electrischen Säule durch Volta aus Zink- und Kupferplatten, die durch feuchte Tuchläppchen oder Pappscheiben getrennt waren, ist Art. Galvanismus zu vergleichen. Hier sollen die wesentlichsten Verbesserungen, welche die Volta'sche Säule erfahren hat, eine Stelle finden. Hierbei wird es aber meistens genügen, nur die Construction eines einzigen Elementes näher anzugeben, da sich nach dem Ohm'schen Gesetze (s. d. Art.) für die jedesmaligen Zwecke die beste Art der Combination bestimmen lässt.

Die ursprüngliche Volta'sche Säu'e verliert sehr schnell ihre

Wirksamkeit; ausserdem ist ihre Zusammenstellung, das Auseinandernehmen, das Reinigen der Platten etc. zeitraubend. Zunächst kam man darauf, die Säule so einzurichten, dass sie schnell aus einander genommen und schnell zusammengestellt werden konnte, so dass man nur in dem Augenblicke, in welchem das Experiment eingeleitet werden sollte, die Zusammenstellung nöthig hatte, und nach Beendigung des Experimentes ebenso schnell das Auseinandernehmen vollziehen konnte. Dies führte zu den *Becherapparaten*. Diese bestanden aus einer Anzahl von Gläsern, von denen jedes eine Zink- und Kupferplatte, ohne dass diese in metallische Berührung mit einander kommen, enthielt. Die Gläser sind mit einer etwas angesäuerten Flüssigkeit gefüllt, und die Platten lassen sich sowohl zur Säule, als zur Batterie verbinden, sind ausserdem an einem Rahmen befestigt, so dass man sie alle sofort aus den Gläsern herausnehmen und ebenso sofort alle wieder einsetzen kann. — Als Abänderung der Becherapparate kam folgende Einrichtung auf. Man nahm statt der Gläser kupferne Behälter in der Form von Cylindern oder von parallelepipedischen Trögen, füllte diese mit der Flüssigkeit und setzte die Zinkplatten in diese, ohne dass eine metallische Berührung zwischen Kupfer und Zink eintrat, wobei man der Zinkplatte entweder die Form eines Cylinders oder einer ebenen Scheibe gab. — Bald sah man ein, dass es nicht nöthig sei, soviel Gläser oder Behälter zu verwenden, als Plattenpaare in Thätigkeit kommen sollten, sondern dass ein einziges grösseres Gefäss, welches die Plattenpaare aufnimmt und mit der Flüssigkeit gefüllt ist, ausreicht. So entstanden die *Trogapparate*. Hierher gehört namentlich *Wollaston's* Säule. Bei dieser sind die Plattenpaare durch einen Ausschnitt in zwei Scheiben getheilt, die nur durch einen stehengebliebenen Metallstreifen verbunden bleiben, während sie an einem in dem Ausschnitte überdies stehengebliebenen Zipfel zusammengelöthet werden, so dass gewissermassen 4 Platten neben einander stehen. Bei der Anordnung der Platten wird das Kupferplattenpaar der einen Combination zwischen das Zinkplattenpaar der nächststehenden eingeschoben, ohne dass metallische Berührung eintritt, und so nimmt eine grosse Metallfläche einen möglichst kleinen Raum ein. Sämmtliche Platten sind an einem Rahmen befestigt und lassen sich gemeinschaftlich in einen der Grösse der Säule entsprechenden Trog eintauchen. Diese Säule hat namentlich beim Minensprengen Verwendung gefunden. — *Hare* hat in seinem *Deflagrator* (s. d. Art.) oder in seiner *Spirale* ein einziges möglichst grosses Plattenpaar auf einen möglichst kleinen Raum zu bringen gesucht. — Vergl. auch *Münch's Säule*.

Alle diese Verbesserungen verlieren schnell ihre Wirksamkeit, namentlich in Folge der electrischen Polarisation (s. Art. *Polarisation, electrische*) und haben, seit es gelungen ist, sogenannte *constante Ketten* zu construiren, nur noch ein historisches Interesse.

Deshalb haben wir auch noch manche andere Abänderung der ursprünglichen Säule übergangen, z. B. das Zusammenlöthen der Kupfer- und Zinkflächen der einzelnen Plattenpaare.

Die Construction der constanten, d. h. längere Zeit mit ungeschwächter Intensität wirkenden Ketten verdankt man der Erkenntniss der galvanischen Polarisation, indem man einsah, dass die Bildung der hierdurch auf der Kupferplatte eines Zink-Kupferelementes erzeugten Wasserstoffschicht verhindert werden müsse. Wach hat wohl zuerst 1830 eine constante Kette construirt; Daniell beschrieb 1836 zuerst die nach ihm benannte Kette unter der Bezeichnung einer constanten; gewöhnlich giebt man aber Becquerel als Erfinder an.

Um das Princip der constanten Kette zu übersehen, genügt es daran zu erinnern, dass in jedem Becher eines Becherapparates eine chemische Zersetzung eintritt. Da der Sauerstoff zur positiven Platte wandert, diese aber gewöhnlich aus Zink, also aus einem oxydirbaren Körper, besteht, so tritt mithin hier Oxydation ein, nicht aber die Bildung einer Gasschicht, durch welche eine galvanische Polarisation veranlasst werden könnte; der Wasserstoff hingegen tritt an die negative Platte und erzeugt hierdurch, indem er die Platte mit einer Gasschicht überzieht, eine Schwächung des Stromes. Es entsteht gewissermassen ein neues Plattenpaar aus Kupfer und Wasserstoff, welches einen dem ursprünglichen Strome entgegengesetzt gerichteten Strom erzeugt und daher schwächend wirkt. S. Art. Polarisation, electrische.

Wach verhinderte die Bildung der Wasserstoffschicht, indem er Zink in verdünnte Schwefelsäure und Kupfer in Kupfervitriollösung stellte, die beiden Flüssigkeiten durch eine Thierblase von einander trennend. Daniell verfuhr anfänglich ebenso, indem er eine Zinkstange in eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Thierblase (Ochsengurgel) steckte und in einen mit Kupfervitriollösung gefüllten Kupfercylinder senkte. Becquerel nahm anfänglich einen hohlen Cylinder von Kupferblech, der von einer thierischen Blase umgeben, mit etwas Sand beschwert und mit einer Kupfervitriollösung gefüllt war; dieser Kupfercylinder war umgeben von einem hohlen, aufgeschlitzten Zinkcylinder und das Ganze stand in einem mit verdünnter Schwefelsäure oder mit einer Lösung von Zinkvitriol oder mit einer Kochsalzlösung gefüllten Glase. Jetzt wendet man statt der thierischen Blase poröse Thoncylinder an. In einem Glase steht der Thoncylinder, welcher die beiden Flüssigkeiten trennt, und in jede Flüssigkeit wird der entsprechende Electromotor gesetzt.

Jetzt giebt es eine grosse Anzahl constanter Ketten und es können hier nur die gebräuchlichsten kurz angeführt werden.

Die Becquerel'sche oder Daniell'sche Kette aus Zink in verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Säure auf wenigstens 5 Th. Wasser) und Kupfer in einer gesättigten Auflösung von Kupfervitriol ist von Spencer

insofern abgeändert worden, als er statt des Kupfers dünnes, in einen faltigen Cylinder geformtes Blei nahm. Indem das bei Schliessung der Kette ausgeschiedene Kupfer das Blei überzieht, bildet sich die Kupferelectrode.

Die Grove'sche Kette besteht aus amalgamirtem Zink in verdünnter Schwefelsäure und Platin in concentrirter Salpetersäure. Die Bildung einer Wasserstoffschicht auf dem Platin wird hier dadurch beseitigt, dass der ausgeschiedene Wasserstoff sich sofort mit dem einen Theile des Sauerstoffs der Salpetersäure verbindet, wodurch diese in salpetrige Säure übergeht. Diese Kette wirkt sehr kräftig — es kommen 6 Quadratzoll Platinfläche gleich 100 Quadratzoll Kupfer in der Zink-Kupferkette —, aber die salpetrige Säure, welche sich entwickelt, ist eine höchst unangenehme Zugabe. — Smee hat das Platin durch platinirtes Silber, Callan durch platinirte Bleiplatten ersetzt. Nach dem Letzteren soll auch ein Gemisch aus 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure, 2 Theilen Salpetersäure und 2 Theilen gesättigter Salpeterlösung vortheilhafter als concentrirte Salpetersäure wirken. Oersted hat statt des Platins Porcellangefässe vorgeschlagen, die mit einem dünnen Platinüberzuge versehen sind.

Die R. Bunsen'sche Kette (s. d. Art.) ist aus Zink und verdünnter Schwefelsäure und Kohle in concentrirter Salpetersäure zusammengesetzt. Kohle ist der kräftigste negative Electromotor. Die Kohle kann massiv sein und steht dann in dem Thoncylinder, aber auch einen hohlen Cylinder bilden, in welchem Falle das Zink im Inneren steht.

W. Eisenlohr hat eine Monate lang wirkende Kette von schwachem Strome aus Zink und Kupfer angegeben, bei welcher das Kupfer in verdünnter Schwefelsäure (1 : 20 dem Volumen nach) und das Zink in Wasser mit reinem Weinstein im Ueberschusse steht.

Eine Kette aus Eisenblech und Kupfer hat A. Fyfe construirt. Eisen mit Zink combinirte M. J. Robert. Sturgeon setzte einen amalgamirten Zinkcylinder in einen hohlen gusseisernen mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 8) gefüllten Cylinder, ohne dass die Metalle dabei in Berührung kamen. Auch Callan verwendete Gusseisen und amalgamirtes Zink mit concentrirter Schwefelsäure, die mit dem $3^3/_4$ fachen Volumen Kochsalzlösung (1 Gewichtstheil Salz auf 1 Th. Wasser) gemischt war. Auch Eisen und Zink sind wie in der Grove'schen Kette mit Salpetersäure und Schwefelsäure kräftig wirkend befunden worden. Noch fortwährend werden neue Combinationen und Abänderungen versucht. S. Art. Hill's galvanische Batterie.

Von den galvanischen Ketten mit nur einem Metalle und zwei Flüssigkeiten erwähnen wir Eisen in reiner Salpetersäure (1,19 spec. Gew.) getrennt durch ein poröses Gefäss von verdünnter Schwefelsäure (1 : 12). Poggendorff hat diese Kette untersucht. Becquerel

hat Platin, concentrirte Salpetersäure und Aetzkali oder Aetznatron benutzt.

Dass auch aus nur einem Metalle und einer Flüssigkeit sich Ketten construiren lassen, hat darin seinen Grund, dass selbst dem Anscheine nach ganz gleichartige Metalle sich auf ihrer Oberfläche nicht völlig in gleichem Zustande befinden. Ebenso findet bei der Berührung von Metallen mit Gasen eine electrische Differenz statt und so kann namentlich mit Platin in Berührung mit verschiedenen Gasen eine galvanische Säule construirt werden. Es gehört hierher die Grove'sche Gassäule.

Wegen der Ritter'schen Ladungssäule s. Art. Ladungssäule, und ebenso in Betreff der trockenen Säule Zamboni's Art. Zamboni'sche Säule. In Betreff der Ladungssäule ist noch zu bemerken, dass nachdem bereits früher (1843) Poggendorff eine besondere Vorrichtung angegeben hatte, vermittelst deren man im Stande ist, die Polarisation der Platinplatten fortwährend wieder herzustellen, — in neuester Zeit (1864) Prof. J. Thomson in Kopenhagen dieselbe so vervollkommnet hat, dass durch dieselbe ein continuirlicher electrischer Strom von hoher Spannung und constanter Stromstärke mittelst eines einzelnen galvanischen Elementes erlangt wird. Thomson nennt seine Säule Polarisationsbatterie. Bei derselben werden die Plattenpaare nach einander der Reihe nach polarisirt (s. Art. Polarisation, electrische), während bei Poggendorff's Einrichtung dies mit sämmtlichen Platten gleichzeitig der Fall ist. (Poggend. Annal. Bd. 124. S. 498 u. Bd. 125. S. 163.)

Säulenelectrometer ist das Bohnenberger-Fechner'sche Electroskop. S. Art. Electroskop. S. 277.

Saigern oder absaigern heisst aus einem Gemenge von Körpern, welche verschiedene Schmelzbarkeit besitzen, den einen oder mehrere dadurch absondern, dass man soweit erhitzt, dass dieser oder diese flüssig werden, während die übrigen noch starr bleiben. Wismuth, ebenso Schwefelantimon saigert man von der Gangart und den weniger leicht schmelzbaren Erzen ab. Zu silberhaltigem Kupfer setzt man Blei und saigert dadurch das Silber ab, indem dies mit dem Blei abfliesst.

Saite. Die physikalischen Erscheinungen, zu welchen die Saiten Veranlassung geben, betreffen namentlich die Schwingungsverhältnisse derselben im gespannten Zustande. Das Nähere enthält Art. Ton. B.

Saitenhygroskop, s. Art. Hygroskop

Saiteninstrumente sind musikalische Instrumente, bei welchen die Töne dadurch hervorgerufen werden, dass gespannte Saiten in Schwingungen versetzt werden. Sie sind entweder so construirt, dass auf einem Resonanzboden für jeden Ton nur eine oder, wie theilweise bei dem Pianoforte, zwei bis drei Saiten ausgespannt sind, — dahin gehört die Harfe, das Clavier, das Pianoforte —, oder dass die Anzahl der Saiten,

wie bei der Geige, dem Cello, der Guitarre etc., eine beschränkte ist und diesen durch Verlängerung oder Verkürzung der schwingenden Saitenlänge die verschiedenen Töne entlockt werden. Die Schwingungen der Saiten werden durch Schlagen (Pianoforte), oder durch Reissen (Harfe), oder durch Streichen (Geige) hervorgebracht. Die Saite giebt zwar den eigentlichen Ton, aber die Beschaffenheit desselben hängt noch wesentlich von der Construction des Resonanzkastens ab; denn Saite, Kasten und die in diesem enthaltene Luft bilden ein schwingendes System, wovon jeder Theil dem Tone einen besonderen Klang ertheilt. Der Kasten muss von einer solchen Substanz und Form sein, dass er auf der Stelle sich mit allen Saiten und allen ihren Tönen in Einklang setzen kann, und muss überdiess auch seine Schwingungen der in ihm enthaltenen Luftmasse mittheilen können. Hieraus ergiebt sich die Schwierigkeit, ein gutes Saiteninstrument herzustellen. Vergl. Art. Resonanz und Ton.

Salsen nennt man diejenigen Schlammvulcane (s. Art. Vulcan), welche zugleich mit dem Schlamme Salzwasser auswerfen, was übrigens meistens der Fall ist.

Salz der Weisheit oder Wissenschaft nennt man das Quecksilberchlorid-Chlorammonium.

Salzbasen oder Basen (s. d. Art.).

Salzgehalt des Meeres, s. Art. Meer. 3.

Salzhäutchen, s. Art. Krystallhäutchen.

Salzquelle nennt man eine Quelle (s. d. Art.) mit einem vorwiegenden Gehalte an Kochsalz; ist derselbe sehr stark, so nennt man solche Quellen auch wohl Soolen. Wegen der Bestimmung des Salzgehaltes s. Salzwaage im Art. Aräometer. S. 41 und Art. Gradirwaage.

Salzsoole, s. Art. Salzquelle.

Salzspindel oder Salzwaage oder Gradirwaage, s. Art. Salzquelle.

Samiel (von Sam = Gift und Yel = Wind), oder Samum (genauer Bahd-Samum), oder Semum, oder Simum heisst der in den meisten Gegenden des Orients wehende und von den Wüsten Asiens und Afrikas kommende heisse Wind, namentlich in Persien und Arabien; in Egypten führt er den Namen Chamsin (s. d. Art.); die Neger nennen ihn Harmattan (s. d. Art.). Ehe dieser heisse Wind sich einstellt, erscheint der Horizont dunkel, der Himmel verliert alle Helligkeit, die Sonne wird glanzlos und wirft keinen Schatten mehr, die Thiere irren ängstlich umher. Die Hitze steigt gewöhnlich bis einige 40° C. und nur dadurch und durch den aufgewirbelten Sand wird er gefährlich; denn giftige Bestandtheile führt er nicht mit sich. Sobald er sich erhebt, machen sich die Vögel davon; die Dromedare suchen ein Gebüsch, um ihre Augen, ihren Mund und ihre Nase gegen die Sandwolken zu schützen; die Araber bedecken ihr Gesicht, beschmieren ihren Körper mit Fett,



Oel oder feuchtem Schlamme, werfen sich zur Erde oder kauern sich hinter einen Baum. Der Wind thut zwar manchen Schaden, namentlich verdorren die Zweige der Orangenbäume, wenn er einige Tage anhält, und auch den Menschen ist er lästig; aber er wirkt auch wohlthätig auf die Gesundheit, denn viele Kranke erholen sich und namentlich hören die Wechselfieber und auch andere fieberhafte Zustände, selbst epidemische, auf.

Sammelbild nennt man auch ein Bild, welches man gewöhnlicher als ein physisches bezeichnet. Vergl. Art. Bild.

Sammelglas / **Sammellinse** } nennt man ein convex geschliffenes Glas. S. Art. Linsenglas und Collectivglas.

Sammelspiegel oder Hohlspiegel oder Concavspiegel (s. d. Art. und Art. Spiegel).

Samum, s. Art. Samiel.

Sandbad oder Sandbadofen nennt man eine Feuerung, durch welche ein gusseiserner oder aus starkem Eisenbleche gefertigter, mit gesiebtem Sande gefüllter Kasten erhitzt wird, um in den Sand gestellte Abdampfschaalen, Kolben u. dergl. zu erwärmen, ohne sie dem Feuer direct auszusetzen.

Sandhose oder Erdtrombe ist eine mit Sand oder anderen losen Erdtheilen gefüllte Wettersäule. Vergl. Art. Wasserhose.

Sandläufer / **Sanduhr** } s. Art. Uhr. B.

Sandwirbel, s. Art. Sandhose.

Sandwirbel, electrischer, heisst der electrische Erbsentanz, wenn man statt der Kork- oder Hollundermarkkugeln Sand nimmt. S. Art. Puppentanz.

Sargasso-See nennt man den Theil des atlantischen Oceans, welcher in dem dreieckigen Raume zwischen den Azoren, den canarischen und capverdischen Inseln liegt. Diese Fläche ist so dicht mit *Fucus natans* — oft wie mit einer Matte — bedeckt, dass die Bewegung der sie passirenden Schiffe eine oft starke Verzögerung erleidet; in einiger Entfernung erscheint sie dem Auge wie fest. Die Lage dieser Stelle ist seit der Entdeckung derselben durch Columbus bis auf den heutigen Tag unverändert geblieben und dies giebt den deutlichsten Beweis ab für eine kreisförmige Strömung im atlantischen Oceane (s. Art. Meeresstrom). Auch im stillen Oceane ist nach Maury westlich von Californien ein gleiches Rotationscentrum, also ebenfalls eine Sargasso-See. Diese Stellen sind nicht blos der Sammelplatz des Seetangs, sondern auch des Treibholzes.

Satellit oder Trabant, s. Art. Nebenplanet und Planet.

Saturiren / **Saturation** } s. Art. Sättigen.



Saturn, s. Art. Planeten. Die Alchemisten bezeichneten das Blei mit dem Namen und dem Zeichen des Planeten Saturn (♄), weil dasselbe sich mit anderen Metallen leicht zusammenschmilzt und diese gleichsam verschlingt, wie der Gott Saturn seine Kinder verschlungen hat.

Sauerbrunnen oder Säuerlinge nennt man diejenigen Mineralwasser (s. Art. Quelle. D.), welche mehr oder weniger stark mit Kohlensäure beladen sind. Man unterscheidet wohl noch ächte Säuerlinge, welche neben der Kohlensäure nur wenig andere Stoffe enthalten, und unächte, die ausserdem mehr oder weniger reich sind an Alkalien und alkalischen Erden. Besonders bekannte Säuerlinge sind in Pyrmont, Franzensbad, Kissingen, Selters etc., unächte in Geilnau, Fachingen, Ems, Teplitz, Spaa, Schwalbach, Carlsbad, Wiesbaden, Baden-Baden etc. Die unächten haben gewöhnlich einen etwas laugenartigen Geschmack.

Sauerstoffgebläse nennt man eine Flamme, in welche man mittelst eines (kleinen) Gasometers, das mit Sauerstoffgas gefüllt ist, statt der atmosphärischen Luft Sauerstoffgas einbläst, um einen hohen Hitzegrad zu erzeugen.

Sauerstoff-Wasserstoffgebläse ist das gewöhnlich Knallgasgebläse (s. d. Art.) oder Newman'sche Gebläse oder Hydrooxygengasgebläse genannte.

Saugapparat, s. Art. Aspirator.

Saugheber ist der gekrümmte Heber. S. Art. Heber, gekrümmter.

Saugpumpe oder Hebepumpe, s. Art. Pumpe. a.

Saugröhre }
Saugrohr } s. Art. Pumpe.

Saugschwingungsmaschine oder Centrifugalpumpe (s. d. Art.).

Saugventilator, s. Art. Druckventilator.

Saugwerk oder Saugpumpe, s. Art. Pumpe. à.

Sausturl, s. Art. Brummkiesel.

Scala nennt man an Messinstrumenten die zum Messen dienende Eintheilung, z. B. am Thermometer, Aräometer etc. — Wegen der Tonscala s. Art. Ton.

Scalenaräometer, s. Art. Aräometer. B. S. 38.

Scaphander, s. Art. Skaphander.

Scenographie, s. Art. Perspective.

Schaalen an der Waage, s. Art. Waage.

Schachtofen wird jeder Ofen genannt, dessen Inneres aus einem hohlen, oben offenen Raume (Schacht) von verschiedener Form, Höhe und Weite besteht. Die obere Oeffnung wird die Gicht genannt. In den Schacht wird entweder nur die zu erhitzende Substanz gebracht, z. B. bei Kalköfen und Röstöfen, oder diese Substanz wird schichtenweise mit dem Brennmateriale durch die Gicht eingestürzt. Im ersten

Falle ist ein besonderer Heerd im unteren Theile des Ofens und der Zug ist ein natürlicher; im zweiten Falle ist kein eigentlicher Feuerheerd vorhanden, sondern die Grundfläche des Ofens dient als solcher und der Zug wird auf künstliche Weise durch Gebläse (s. d. Art.) erzeugt. Deshalb nennt man auch die erstere Art Zug-Schachtöfen, die letztere Gebläse-Schachtöfen. Schachtöfen von 14 bis 60 Fuss Höhe nennt man Hohöfen, von 5 bis 14 Fuss Halbhohöfen, von noch nicht 5 Fuss Höhe Krummöfen. Schachtöfen, die zum Umschmelzen des Roheisens dienen, um dies zu feinerem Gusse herzurichten, heissen Kupolöfen. Der aus den feuerbeständigsten Materialien construirte Schmelzraum heisst das Gestell.

Schädlicher Raum, s. Art. Luftpumpe.

Schäfchen oder Lämmchen, s. Art. Cirrocumulus.

Schafhäutchen heisst eine Haut, welche man beim Lammen der Schafe erhält und die man in der Physik zur Herstellung kleiner Charlièren (s. d. Art.) von 3 bis 36 Zoll Durchmesser benutzt. Die Haut wird über mit Unschlitt bestrichene Formen gespannt und durch ihren eigenen Leim zusammengeklebt.

Schafloch heisst eine Eishöhle (s. d. Art.) am Thunersee bei Rothhorn.

Schall nennen wir Alles, was wir vermittelst unseres Gehörorgans wahrnehmen. Ein Schall entsteht, wenn ein Körper erschüttert wird und sich die dadurch entstandenen Schwingungen durch denselben oder durch einen anderen Körper zu unserem Ohre fortpflanzen, so dass in diesem eine Empfindung erregt wird. Bei der Erzeugung und Wahrnehmung eines Schalles ist also dreierlei zu beachten, nämlich 1) dass und in welcher Weise ein Körper erschüttert worden ist; 2) dass und wie die dadurch entstandenen Schwingungen zum Ohre fortgepflanzt werden, und 3) dass das Ohr für den auf dasselbe ausgeübten Eindruck empfindlich sei, oder es kommt auf die Schallerreger, die Schallträger und das Ohr an. Diese drei Artikel und ausserdem Artikel Hören mögen zunächst verglichen werden. An dieser Stelle soll das Erforderliche Aufnahme finden über die Geschwindigkeit, Stärke und Verschiedenheit des Schalles.

A. Geschwindigkeit des Schalles. Aus vielfachen Versuchen hat sich ergeben, dass auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles es ohne Einfluss bleibt, ob derselbe stärker oder schwächer ist; ebenso bedingt der höhere oder niedrigere Barometerstand keinen Unterschied. In der atmosphärischen Luft, wenn diese trocken und ruhig ist, beträgt die Geschwindigkeit bei 0° C. 1058,22 preuss. Fuss oder $332^m,126$ oder 1022,43 par. Fuss. Für je 1° C. über Null sind 2,007 preuss. Fuss mehr zu rechnen. In feuchter Luft ist die Geschwindigkeit etwas grösser als in trockener. — Dass die Stärke des Schalles und man kann noch hinzusetzen auch die Höhe oder Tiefe der

Töne auf die Schallgeschwindigkeit ohne Einfluss ist, geht schon daraus hervor, dass man die Harmonie eines Musikstückes, welches von einem Musikchore ausgeführt wird, in grösserer oder geringerer Entfernung gleich deutlich hört. Die speciellen Versuche zur Ermittelung der Schallgeschwindigkeit sind namentlich mit Hilfe von Kanonen angestellt worden, die man an den beiden Endpunkten einer genau gemessenen Linie abfeuerte. Die Zeit vom Augenblicke der Lichterscheinung bis zum Vernehmen des Schalles gab den nöthigen Anhalt. Werden die Kanonen abwechselnd an dem einen und an dem anderen Endpunkte gelöst oder auch beide gleichzeitig, so verschwindet aus den Resultaten der Einfluss des Windes. Derartige Versuche an den beiden Stationen Villejuif und Montlhery in der Nähe von Paris ergaben 1822 auf 0° C. reducirt 331m,12 und auf 10° C. berechnet 337m,28. Die Entfernung beider Kanonen betrug 9549,6 Toisen. Im Jahre 1823 stellten G. Moll und van Beek in der Gegend von Utrecht genaue Versuche an. Das Ergebniss war an dem einen Tage bei 0° C. und nach vorgenommener Correction wegen des Feuchtigkeitszustandes der Luft 332m,28 und an einem zweiten Tage 331m,72. G. Moll berechnete schliesslich die Schallgeschwindigkeit in trockener Luft und bei 0° C. zu 332m,05 und Simons erhielt aus denselben Beobachtungen nach einer anderen Berechnungsweise 332m,244. Das Mittel aus beiden Werthen galt als das zuverlässigste Resultat und ist 332m,147 oder 1022,5 par. Fuss. Hierbei war aber der Gay-Lussac'sche Wärmeausdehnungscoefficient zu Grunde gelegt. Nimmt man dafür 0,00366, so erhält man 332m,25.

Eine theoretische Ermittelung der Schallgeschwindigkeit in der Luft hat zuerst Newton versucht. Ist v die Geschwindigkeit des Schalles, e die Expansivkraft oder der Druck der Luft auf die Flächeneinheit und d die Dichte der Luft, so ist $v = \sqrt{\frac{e}{d}}$. Das Verhältniss $\frac{e}{d}$ ist nach dem Mariotte'schen Gesetze (s. d. Art.) bei verschiedenem Luftdrucke constant, folglich ist die Schallgeschwindigkeit von dem Barometerstande unabhängig. Bleibt e ungeändert, so kann aber d in Folge von Temperaturveränderung einen anderen Werth erhalten und wird, wenn α der Ausdehnungscoefficient der Luft für 1° C. ist, bei einer Temperaturveränderung um t^0 in $\frac{d}{1+\alpha t}$ übergehen; es ist folglich dann $v' = \sqrt{\frac{e\,(1+\alpha t)}{d}}$. Diese Formel ergab Werthe, welche nur etwa $^5/_6$ des erfahrungsmässigen betrugen. Nach Laplace liegt der Grund hiervon darin, dass die Schallbewegung als Wellenbewegung mit abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen der Luft verbunden

ist, dadurch aber Temperaturänderungen bedingt werden, nämlich bei der Verdichtung Wärme frei und bei der Verdünnung gebunden wird. Es ist daher die obige Formel noch mit einem constanten Factor $k = \frac{c'}{c}$ zu multipliciren, welcher das Verhältniss der specifischen Wärme der Luft unter einem constanten Drucke zu ihrer specifischen Wärme bei constantem Volumen angiebt. Nach Versuchen von Dulong ist $k = 1,415$. Ist h die Höhe einer Quecksilbersäule, welche der Luft bei 0° C. das Gleichgewicht hält, g die Acceleration durch die Schwere, D die Dichtigkeit der Luft im Verhältniss zum Quecksilber, so ist $v = k\sqrt{\frac{gh}{D}}$. — Auch Prisson ist durch theoretische Betrachtungen im Wesentlichen zu derselben Formel gelangt.

Aus dem Grundtone, welchen eine mit verschiedenen trockenen Gasen gefüllte, an einem Ende geschlossene, also gedeckte Labialpfeife (s. d. Art.) von l Fuss Länge giebt, lässt sich die Schallgeschwindigkeit in den Gasen nach der angegebenen Formel berechnen. Die dem Grundtone entsprechende Tonwellenlänge ist $4\,l$ und wenn n die Anzahl der Schwingungen ist, die dem Grundtone zukommt, so ist die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft $v = 4\,ln$. Mit verschiedenen Gasen gefüllt, giebt dieselbe Pfeife verschiedene Grundtöne, also verschiedene Werthe von n, also verschiedene Werthe von v. Dulong fand auf diese Weise die Geschwindigkeit des Schalles in:

Atmosphärische Luft	=	1
Wasserstoffgas	=	3,812
Kohlenoxyd	=	1,013
Sauerstoffgas	=	0,952
Oelbildendes Gas	=	0,943
Stickoxydgas	=	0,787
Kohlensäure	=	0,786

In Wasser beträgt die Geschwindigkeit des Schalls etwa $4\frac{1}{2}$mal mehr als in der Luft; in festen Körpern ist dieselbe noch bedeutender.

Colladon und Sturm haben in Betreff des Wassers auf dem Genfer-See Versuche angestellt. Der Schall brauchte 9,4 Sec., um im Wasser eine Strecke von 13487 Metern zu durchlaufen, und hatte also eine Geschwindigkeit = 1435 Meter. Die Berechnung der Schallgeschwindigkeit im Wasser ergab nach einer von Prisson theoretisch abgeleiteten Formel 1428 Meter. Auch Laplace hat die Formel $v = \sqrt{\frac{e}{d}}$ so umgeformt, dass sie zur Berechnung der Geschwindigkeit des Schalles in tropfbarflüssigen und starren Körpern geeignet ist. Für 10° C. hat man folgende Schallgeschwindigkeiten in Metern berechnet:

Schwefeläther	=	1039
Alkohol	=	1157
Salzäther	=	1171
Terpentinöl	=	1276
Wasser	=	1453
Quecksilber	=	1484
Salpetersäure	=	1535
Ammoniak, tropfb.	=	1842

Die Dichte und die Zusammendrückbarkeit der betreffenden Flüssigkeit ist nicht ohne Einfluss.

An einer 951 Meter langen eisernen Wasserleitung fand Biot die Schallgeschwindigkeit im Eisen $10^1/_2$mal grösser als in der Luft. — Wenn die Luft in einer offenen Pfeife von *l* Fuss Länge denselben Ton giebt wie ein Stab von *l'* Fuss Länge, so verhalten sich die Geschwindigkeiten des Schalles in beiden wie *l* : *l'*; sind die beiden Längen gleich, so stehen die Geschwindigkeiten im Verhältniss der Schwingungszahlen beider Töne. Chladni hat die Geschwindigkeiten des Schalles in verschiedenen festen Körpern gegeben.

Da sich das Licht viel schneller fortpflanzt (über 40,000 Meilen) als der Schall, so erklären sich mancherlei Erscheinungen. Den Donner vernehmen wir um so später nach dem Auftreten des Blitzes, je grösser die Entfernung ist, und zwar gehört eine Zeitdifferenz von 5 bis 6 Sec. zu einer Entfernung von einer Viertelmeile. — Nach dem Tacte der Musik marschirende Soldaten treten nicht alle gleichzeitig auf und daher nimmt man in solchem Falle bei einem marschirenden Bataillone, welches man von oben her betrachtet, ein förmliches Wogen wahr. — Bei einer Rammmaschine vernimmt man den Schlag des auffallenden Rammklotzes um so später nach dem Aufschlagen, je weiter man absteht; es kann sogar sein, dass man den Schall des einen Schlages erst vernimmt, wenn der nächstfolgende Schlag erfolgt. — Bei dem Echo (s. d. Art.), dem Mithalle etc. ist die Geschwindigkeit des Schalles in Betracht zu ziehen.

B. Stärke oder Intensität des Schalles. Die Stärke des Schalles nimmt, da derselbe sich von einem Centrum aus in Kugeloberflächen verbreitet und diese sich wie die Quadrate der Kugelhalbmesser verhalten, mit der Entfernung ab und zwar wie das Quadrat der Entfernung zunimmt; sie wächst übrigens mit der Stärke des erregenden Anstosses, mit der Grösse der erregten Masse und mit der Elasticität sowohl des Schallerregers als des Schallträgers. — Kanonendonner hat man 20 bis 30 Meilen weit gehört, namentlich wenn man sich mit dem Ohre auf die Erde legte. Eine Explosion des Vulcans auf Cap St. Vincent in Demerary will man 70 Meilen weit gehört haben. — Die verschiedene Schallstärke grosser und kleiner Glocken, der Knall einer Kanone, einer Flinte und einer Knallbüchse spricht für die Abhängigkeit derselben von der Stärke der erregten Masse etc. — Dass man bei Nacht an stark bevölkerten Orten schärfer hört als bei Tage, hat seinen Grund darin.

dass bei Tage die verschiedenen Geräusche einander stören. Dass A. v. *Humboldt* das Getöse der Cataracten des Orinoco des Nachts dreimal stärker als bei Tage hörte, ungeachtet dort die Stille der Wildniss durch nichts unterbrochen wird, hat jedenfalls seinen Grund darin, dass bei Tage die ungleiche Erwärmung der Erdoberfläche verschiedene Luftströmungen veranlasst, so dass warme Luft aufsteigt und kalte niedersinkt; denn bei dem Uebergange aus einem Luftstrome in einen anderen erleidet die Schallwelle eine Störung und vielleicht in Folge einer schwachen Reflexion eine Schwächung. — Regen und Nebel schwächen den Schall, da sie die Gleichmässigkeit der schalltragenden Luft stören. Ebenso wirkt eine Schneedecke schwächend, weil sie aus einer lockeren schlecht schallleitenden Masse besteht, ebenso wie in Concertsälen lose hängende Tapeten, Vorhänge, Fussteppiche etc. die Schallstärke beeinträchtigen.

Soll ein Schall in grösserer Entfernung vernehmbar werden, so sucht man die Schallwellen an ihrer Ausbreitung zu hindern. Es geschieht dies z. B. mittelst des Communicationsrohrs (s. d. Art.) und des Sprachrohrs (s. d. Art.). Kommt es darauf an, die Einwirkung eines an sich schwachen Schalles auf das Ohr zu verstärken, so sucht man die Schallwellen zu concentriren. Dies findet z. B. seine Ausführung in dem Höhrrohre (s. d. Art.).

C. In Bezug auf die *Reflexion des Schalles* gelten die Gesetze über die Reflexion der Wellen und verweisen wir daher auf Art. *Wellenbewegung*. Der Mithall, Nachhall, das Echo, die Sprachgewölbe (s. diese Artikel) beruhen auf der Reflexion des Schalles.

D. Wegen der *Inflexion* oder *Beugung* der Schallwellen s. Art. *Infexion*. B.; wegen der *Interferenz* s. Art. *Interferenz*. B. a.

E. *Verschiedenheit des Schalles.* Der Schall ist nach der Natur des Schallerregers und nach der Dauer und Art der Schwingungen verschiedenartig. *Schall* ist die allgemeinste Bezeichnung für die in unserem Ohre erregte Empfindung. Unter *Klang* versteht man einen mehr oder weniger andauernden Schall, der während seiner Dauer den Eindruck des Gleichartigen hervorruft; ist Letzteres nicht der Fall, so nennen wir den Schall *Geräusch*. Nimmt man bei einem Klange noch auf seine Höhe oder Tiefe in Bezug auf einen anderen Rücksicht, so heisst er ein *Ton*. Ueber die Töne handelt der besondere Artikel *Ton*. Hier möge nur noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass z. B. Silber, Kupfer, Glas, Holz etc. einen verschiedenen Klang haben. Das Knistern des Sandes, das Rauschen des Kleides, das Rasseln eines Wagens etc. sind Geräusche. Unsere deutsche Sprache ist gerade an Bezeichnungen für verschiedene Arten des Schalles besonders reich, z. B. schallen, tönen, klingen, hallen, murmeln, brummen, poltern, kreischen, schluchzen, ächzen, krächzen, stöhnen, heulen, brüllen,



pfeifen, flöten, schnarchen, bellen, knurren, blöcken, meckern, wiehern, grunzen, quieken, schnauben, piepen, krähen, girren, quaken, zischen, kollern, summen, schwirren, schrillen, knarren, knattern, knittern, knistern, knirschen, knacken, krachen, rauschen, rieseln, plätschern, brausen, sausen, säuseln etc.

Die Lehre vom Schalle nennt man gewöhnlich die Akustik (s. d. Art.).

Schallerreger nennt man Körper, welche sich vorzugsweise zur Erregung eines Schalles eignen, sobald sie erschüttert werden. Zu den besten Schallerregern gehören die luftförmigen Körper und von den festen diejenigen, welche einen möglichst hohen Grad von Elasticität besitzen und dabei von Natur hart und spröde sind, oder durch hinreichende Anspannung einem solchen Zustande genähert werden. Tropfbarflüssige Körper sind am wenigstens geeignet. Von festen Körpern brauchen wir nur zu erinnern an die Metallglocken und die Gläser: Beispiele von gespannten Schallerregern geben die Metall- und Drahtsaiten, desgleichen die Trommel- und Paukenfelle. Das Pfeifen auf dem Munde oder auf einem hohlen Schlüssel spricht schon für die Luft als Schallerreger, so dass an die zahlreichen Blasinstrumente kaum erinnert zu werden braucht. Tropfbarflüssige Körper erregen zwar auch einen Schall, wie man schon aus dem Plätschern des Wassers abnehmen kann; aber zu musikalischen Instrumenten sind sie nicht geeignet, obgleich Cagniard-Latour (1820) nachgewiesen hat, dass auch das Wasser ein selbsttönender Körper ist. Auch Savart hat sich hiermit beschäftigt und Wertheim führte 1847 den Nachweis, dass eine Orgelpfeife durch einen Wasserstrom, wie sonst durch einen Luftstrom, angeblasen einen starken und für einen gleichen Druck beständigen Ton hören lässt. Neuerdings hat C. Sondhauss (Poggend. Annal. Bd. 124. S. 1 ff. u. S. 235 ff.) sich mit den Tönen beschäftigt, welche beim Ausströmen des Wassers entstehen.

Schallgewölbe oder Sprachgewölbe, s. Art. Flüstergallerien.

Schallstrahl nennt man jede gerade Linie, welche vom Ausgangspunkte der Schallerregung ausgeht. Es wird angenommen, dass längs eines Schallstrahles Verdichtungen und Verdünnungen im Schallträger mit einander abwechseln. S. Art. Wellenbewegung.

Schallträger nennt man Körper, welche sich vorzugsweise zur Fortpflanzung des Schalles eignen. Zu den besten Schallträgern gehören die elastischeren und dichteren Körper, welche zugleich gute Schallerreger (s. d. Art.) sind. Das Fortpflanzungsvermögen des Schalles ist übrigens an keinen besonderen Aggregatzustand gebunden.

Für den Menschen und die in der atmosphärischen Luft lebenden Thiere ist diese der gewöhnliche Schallträger; für Fische und wohl auch für andere Wasserthiere ist das Wasser das Fortpflanzungsmittel des

Schalles. Fische lassen sich durch das Läuten einer Glocke an eine bestimmte Stelle hin locken. Auch in Taucherglocken hat man bestätigende Beobachtungen gemacht. Vergl. überdies Art. Schall. A. Am Ende einer langen, recht trockenen Latte hört man das Ticken einer Uhr deutlich, die an das andere Ende gehalten wird. Versuche unter der Luftpumpe beweisen die Abnahme der Schallstärke in verdünnter Luft, weil diese dann schlechter trägt; dasselbe hat man auf hohen Bergen und in hoch gestiegenen Luftballons bestätigt gefunden. In Taucherglocken wird umgekehrt der Schall verstärkt. Von einer Explosion in fernen Räumen unseres Planetensystems würden wir auf der Erde nichts hören, weil es an einem Schallträger fehlt.

Schallwelle, s. Art. Wellenbewegung.

Schaltjahr. Unserem Kalenderjahre liegt das tropische Sonnenjahr (s. Art. Jahr) zu Grunde. Es wird gezählt, wievielmal die Sonne ihren scheinbaren Lauf um die Erde zu machen hat, ehe die Erde einmal ihre Bahn um die Sonne zurücklegt, d. h. den Weg von einer Tag- und Nachtgleiche bis zu derselben des nächsten Jahres vollendet. Da das Jahr etwas länger ist als 365 Tage, so ergiebt sich, dass die Bahn um die Sonne mit dem 365. scheinbaren Umlaufe der Sonne um die Erde noch nicht von der Erde zurückgelegt ist. Nimmt man das Jahr nur zu 365 Tagen an, so beträgt die Differenz von 5 St. 48 Min. 47,81 Sec., diese gleich 6 Stunden gesetzt, in 4 Jahren schon einen ganzen Tag. Wenn man also, ohne hierauf Rücksicht zu nehmen, das Jahr immer nur zu 365 Tagen rechnet, so würden die Jahreszeiten, die längsten und kürzesten Tage etc., allmälig den ganzen Kalender durchlaufen. Um diesen Fehler zu verbessern, muss jedes vierte Jahr um einen Tag länger, also zu 366 Tagen angenommen werden. Man sagt, es werde in die gewöhnlichen 365 Tage 1 Tag eingeschaltet, und zwar geschieht diese Einschaltung nach dem 23. Februar, so dass in einem Schaltjahre der Tag Matthias, welcher in einem gemeinen Jahre der 24. Februar ist, der 25. wird und ebenso die übrigen Februartage um einen weiterrücken. Diejenigen Personen, welche in einem Schaltjahre an einem der 5 letzten Februartage geboren sind, haben also ihren Geburtstag in den gemeinen Jahren um einen Tag früher zu feiern, und der am 24. Februar eines Schaltjahres Geborene hat den Schalttag zum Geburtstage, nicht der, welcher am 29. Erdenbürger geworden ist.

Diese Einschaltung nach dem 23. Februar hat ihren Grund darin, dass vor der Kalenderverbesserung durch Julius Cäsar bei den Römern Schaltjahre im Gebrauche waren, in denen der Februar zu 23 Tagen gerechnet wurde, worauf dann ein ganzer Schaltmonat folgte. — Die Jahreszahlen der Schaltjahre lassen sich durch 4 ohne Rest dividiren. — Um 50 v. Chr. war durch mangelhafte Zeitrechnung eine solche Verwirrung eingerissen, dass der Frühlingsanfang, welcher in den März

fallen sollte, erst in dem Mai eintrat. Mit Hilfe des alexandrinischen Astronomen Sosigenes liess daher Julius Cäsar (46 v. Chr. oder 708 nach Erbauung Roms) die fehlenden 72 Tage einschalten, um den Anfang des Januar auf das Wintersolstitium (den kürzesten Tag) zu bringen, verlegte aber den Jahresanfang noch um weitere 8 Tage hinaus, weil damals gerade auf den 8. Tag nach dem kürzesten Tage ein Neumond eintrat, worauf die Römer ein grosses Gewicht legten. Mit dem Januar 45 v. Chr. begann die neue Zeitrechnung. Das Jahr vorher hatte 365 + 72 + 8 = 445 Tage und ist daher das Jahr der Verwirrung (*annus confusionis*) genannt worden.

Seit Beginn der Julianischen Zeitrechnung wurde also alle 4 Jahre ein Tag nach dem 23. Februar eingeschaltet. Die Monate hatten die Anzahl von Tagen, welche sie noch jetzt haben, und hiessen: ***Januarius, Februarius, Martius, Aprilis, Majus, Junius, Quinctilis, Sextilis, September, October, November, December.*** Zum Andenken an Julius Cäsar wurde der *Quinctilis* später in *Julius* und ebenso zum Andenken an Cäsar Augustus der *Sextilis* in *Augustus* umgetauft.

Das Julianische Jahr ist um ungefähr 11 Min. 12 Sec. zu lang, da es zu 365 Tagen 6 St. gerechnet ist. Daraus folgt, dass bei fortwährender Einschaltung in je 4 Jahren 100 Julianische Jahre um 18 Stunden und 400 Julianische Jahre um mehr als 3 Tage zu lang werden. Zur Zeit des Papstes Gregor XIII. betrug die Abweichung der Julianischen Zeitrechnung von der wahren Zeit 13 Tage. Im Jahre 1577 unterrichtete nun Gregor XIII. alle christlichen Monarchen, dass er die Jahresrechnung berichtigen wolle. Der Astronom Aloysius Lilius wurde zugezogen und darauf verordnet, dass durch die ganze christliche Kirche im J. 1582 der October statt 31 nur 21 Tage haben sollte. Man sprang vom 4. Octbr. sogleich auf den 15. und brachte dadurch die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche 1583 auf den 21. März, wo sie zur Zeit des Conciliums von Nicäa sich befunden hatte. Durch Julius Cäsar war sie auf den 24. März gekommen. Gregor verordnete ausserdem, dass von nun an bei fortwährend vierjähriger Einschaltung von einem Tage in je 400 Jahren 3 Schalttage weggelassen werden sollten und zwar so, dass die Jahre 1700, 1800 und 1900 gemeine Jahre und erst 2000 ein Schaltjahr sein sollten u. s. f. In der griechischen Kirche hat man den Julianischen Kalender beibehalten und unterscheidet daher Zeitangaben nach dem neuen (Gregorianischen) und alten (Julianischen Kalender) Stile. Seit dem 24. Februar 1800 beträgt die Differenz zwischen dem alten und neuen Stile 12 Tage und wird im J. 1900 auf 13 Tage steigen, dann aber erst im J. 2100 auf 14 Tage. Die Protestanten haben den neuen Stil in Deutschland, Holland, Dänemark im J. 1700 unter dem Namen des verbesserten Kalenders angenommen, indem sie vom 18. Februar sogleich auf den 1. März übergingen. Die Engländer folgten 1752 und sprangen vom

20. August auf den 1. Septbr., die Schweden 1753, indem sie nach dem 17. Februar sogleich den 1. März stellten.

Nach Gregor's Einschaltungssystem ist das tropische Jahr zu 365 Tagen 5 St. 49 Min. 12 Sec. angenommen, also um etwa 24 Sec. zu lang. Es wird also zu viel eingeschaltet und es müsste etwa alle 36 Jahrhunderte abermals ein Schalttag weggelassen werden. Es empfiehlt sich daher, alle 4000 Jahre noch einen Schalttag ausfallen zu lassen und damit mit dem Jahre 4000 zu beginnen.

Nach dem Julianischen Kalender fallen nach Verlauf von 28 Jahren dieselben Monatstage auf dieselben Wochentage, da sie in jedem gemeinen Jahre um 1 und in jedem Schaltjahre nach dem 24. Februar um 2 Wochentage vorrücken. Man nennt diese Periode von 28 Jahren den Sonnencyclus. Auf den Gregorianischen Kalender passt dies nicht genau, da alle 4 Jahrhunderte noch 3 Schalttage ausfallen. Vergl. überdies Art. Mondcyclus; Zahl, goldene; Sonntagsbuchstabe. Noch sei bemerkt, dass man die Zahl, welche die Anzahl der Tage angiebt, um welche der letzte Neumond im vorhergehenden Jahre dem Neujahrstage des betreffenden Jahres vorausgegangen ist, die Epakte nennt.

Schatten nennt man den Raum hinter einem undurchsichtigen Körper, in welchen die auf denselben fallenden Lichtstrahlen einer Lichtquelle nicht gelangen können. In einem Schatten kann von anderen Lichtquellen her noch Licht enthalten sein; es ist daher in einem Schatten nicht nothwendig Abwesenheit alles Lichtes oder Finsterniss (s. d. Art.). Stellt man in einem dunklen Zimmer zwei Kerzenflammen auf, so wirft jeder undurchsichtige Körper, der nicht mit den Flammen in gerader Linie steht, zwei Schatten, von denen jeder durch die andere Flamme wenigstens theilweis erleuchtet ist. Hiervon macht man eine Anwendung in der Photometrie (s. Art. Photometer. 2.).

Wäre die Lichtquelle ein leuchtender Punkt, so würde der Schatten hinter dem schattenwerfenden Körper ein scharf begrenzter abgestumpfter Kegel oder eine abgestumpfte Pyramide sein; besitzt aber dieselbe Ausdehnung, so entsteht ein Kernschatten, d. h. ein Raum, in welchen von der Lichtquelle gar kein Licht gelangt, und ein Halbschatten, d. h. ein Raum, welchen das Licht der Lichtquelle nur theilweis erleuchtet. Wird der Schattenraum eines Körpers durch einen andern Körper unterbrochen, so erblickt man auf diesem den sogenannten Schlagschatten. Den nicht erleuchteten Theil des schattenwerfenden Körpers selbst könnte man den Eigenschatten nennen.

Diese Verhältnisse kann man sich am leichtesten klar machen, wenn man eine Kugel als schattenwerfenden Körper annimmt. Der Schatten einer freischwebenden Kugel, die von einem Lichtpunkte beleuchtet wird, ist ein scharfbegrenzter abgestumpfter Kegel von unendlicher Länge. Der Schatten einer freischwebenden Kugel, die von einer

grösseren Kugel beleuchtet wird, wie es z. B. mit dem von der Sonne beschienenen Monde oder mit der Erde der Fall ist, besteht aus einem kegelförmigen Kernschatten, der von einem Halbschatten umgeben ist, welcher von aussen nach innen allmälig in den Kernschatten übergeht. Ist der Halbmesser der leuchtenden Kugel R, derjenige der beleuchteten r, die Entfernung ihrer Mittelpunkte E, so ist die Länge des Kernschattens $x = \frac{Er}{R - r}$, $R = \frac{(E + x)r}{x}$, $r = \frac{Rx}{E + x}$, $E = \frac{x(R - r)}{r}$. Bezeichnen wir den Halbmesser des Kernschattens in der Entfernung e von dem Mittelpunkte der beleuchteten Kugel mit ϱ, so ist $\varrho = \frac{Er - e(R - r)}{\sqrt{E^2 - (R - r)^2}}$, wofür annähernd $\varrho = \frac{r(E + e) - Re}{E}$ oder $= r - \frac{(R - r)e}{E}$ gesetzt werden kann. So ergiebt sich z. B. die Länge des Schattenkegels der Erde, wenn sich der Sonnenhalbmesser zum Erdhalbmesser wie 112 : 1 verhält und die Entfernung der Erde von der Sonne zu 20 Millionen Meilen angenommen wird, zu 180180 Meilen; ebenso der Halbmesser des Erdschattens in der mittleren Entfernung des Mondes = 51437,25 Meilen zu 614,1375 Meilen. Ebenso ergiebt sich die Länge des Mondschattens 48000 bis 49000 Meilen. — Bei gleich grossen Kugeln würde der Kernschatten ein Cylinder sein, und wäre die beleuchtete Kugel die grössere, ein abgestumpfter Kegel.

Je grösser die Lichtquelle ist, desto umfangreicher wird der Halbschatten, die Dimensionen desselben werden aber in geringerem Abstande von dem schattenwerfenden Körper immer kleiner. Deshalb ist der Halbschatten an einem Schlagschatten um so unbedeutender, je näher an dem Körper der Schlagschatten aufgefangen wird. Bei der Aufnahme des Schattenrisses einer Person an der Wand muss sich daher die Person möglichst nahe an die Wand setzen und die Lichtflamme möglichst klein sein. — Bei der Bestimmung der Länge des Schlagschattens ist der Halbschatten störend, deshalb beobachtet man lieber die helle Stelle im Schlagschatten, welche man durch eine Oeffnung an dem schattenwerfenden Körper im Schlagschatten erhält. Vergl. Art. Gnomon und Meridian. Die Länge des Schlagschattens, den ein verticaler Stab von der Höhe h bei einer Sonnenhöhe $= \alpha$ auf eine horizontale Ebene wirft, ist $x = h \,.\, ctg\,\alpha$; folglich ist die Sonnenhöhe $tgs\,\alpha = \frac{h}{x}$, wenn h und x gemessen sind, und die Höhe $h = x \,.\, tgs\,\alpha$, wenn x und α bekannt sind. Es lässt sich also die Sonnenhöhe aus der Schlagschattenlänge eines verticalstehenden Körpers von bekannter Höhe berechnen und ebenso die unbekannte Höhe eines Gegenstandes aus der Sonnenhöhe

und der Länge des Schlagschattens. Auf diesem Wege hat man z. B. die Höhe der Berge auf dem Monde (s. d. Art.) zu bestimmen gesucht.

Der Schlagschatten eines Körpers liegt stets in der Richtung von dem leuchtenden Körper nach dem schattenwerfenden und zwar hinter diesem. Steht der schattenwerfende Körper still und bewegt sich der leuchtende, so ist die Ortsveränderung des Schlagschattens der des leuchtenden entgegengesetzt; z. B. die Schatten der Gegenstände auf der Erde im Verlaufe eines Tages. Je höher die Sonne steht, desto kürzer wird überdies die Länge des Schlagschattens. Beobachtet man in verschiedenen Breiten die Lage des Schattens verticaler Gegenstände zur Zeit der Culmination der Sonne, so ergeben sich Verschiedenheiten, die zu besonderen Bezeichnungen für die Bewohner der verschiedenen Breiten Veranlassung gegeben haben. Man unterscheidet Einschattige, Zweischattige, Umschattige, Unschattige; vergl. Art. Einschattig.

Wegen der Mondfinsternisse und Sonnenfinsternisse vergl. die betreffenden Artikel.

Schatten, farbige, gehören zu den subjectiven Farbenerscheinungen. Lässt man einen schmalen undurchsichtigen Körper, z. B. einen Bleistift, in einem dunklen Zimmer von zwei Kerzenflammen bescheinen, so dass man zwei Schatten auf einer weissen Fläche erhält, und hält dann vor die eine Kerzenflamme ein farbiges Glas, so dass der Körper von den farbigen Strahlen getroffen wird, welche durch das Glas gehen; so erscheint der von dem farbigen Lichte beleuchtete Schatten in der Farbe dieses Lichtes, der andere Schatten aber in der Complementärfarbe (s. d. Art. und Farbe. S. 309), z. B. grün bei rothem Glase. Man kann den Versuch leicht machen mit einem Glase, welches Rothwein enthält, ebenso mit einem grünen Weinglase etc. Es gehören hierher auch die blauen und gelblichen Schatten, wenn ein Gegenstand gleichzeitig von Kerzenlicht und Mondlicht beleuchtet wird; ebenso die blauen Schatten im Winter auf Schnee, wenn die Sonne eben untergeht und der Mond bereits scheint. Man erklärt die Erscheinung daraus, dass die Netzhaut durch die eine Farbe angegriffen wird, so dass sie unempfindlich ist für einen schwächeren Ton derselben Farbe; die Netzhaut empfindet nämlich dann nicht den Antheil der betreffenden Farbe, welcher im weissen Lichte enthalten ist, und es bleibt daher aus dem Weiss nur noch der Eindruck der übrigen Farben, welche sich zur Complementärfarbe mischen. Vergl. auch Art. Contrastfarben.

Schattenbilder heissen die Bilder, welche der Umriss des Schlagschattens in seiner Projection auf der Fläche, welche den Schattenraum unterbricht, darstellt. — Auch im Auge selbst bilden sich unter gewissen Umständen Schattenbilder von Objecten, welche dem Auge selbst angehören. Man steche durch ein Kartenblatt ein feines Loch und sehe durch dies nach dem hellen Himmel oder einer recht weissen Papier-

fläche, so werfen die undurchsichtigen Theilchen im Innern des Auges einen Kernschatten, der auf der Retina mit seinem Schlagschatten sich bemerklich macht. Die Hauptsache hierbei ist, dass das Loch sich innerhalb der Brennweite des Auges befindet, so dass die Strahlen im Innern des Auges divergirend werden und also der Schatten grössere Dimensionen erhält, als das schattenwerfende Theilchen im Auge selbst hat.

Schaufeln nennt man bei Wasserrädern die Flächen, auf welche die Kraft des Wassers stossend oder drückend wirkt, oder umgekehrt. z. B. bei den Schaufelrädern der Dampfschiffe, die Flächen, mit welchen ein bewegtes Rad gegen das Wasser drückt.

Schaufelräder sind durch Schaufeln (s. d. Art.) wirkende Räder Vergl. Art. Wasserrad und Staberad.

Schaum nennt man eine Ansammlung von Luftblasen an der Oberfläche einer Flüssigkeit. In Folge des vielen weissen Lichtes, welches von den zahllosen Oberflächen der Bläschen reflectirt wird, erscheint der Schaum viel heller als die Flüssigkeit selbst und zwar sehr weiss, wenn diese ungefärbt ist. Die Bläschen haben wenigstens da, wo sie sich berühren, die Form von Polygonen.

Scheere nennt man, ausser dem bekannten Schneideinstrumente, in der Physik den Theil der Krämerwaage, welcher wie eine zweizinkige Gabel gestaltet und zur Aufnahme der Welle bestimmt ist. Die ebenso gestaltete Deichsel an einspännigen Fahrzeugen führt ebenfalls diesen Namen.

Scheffel heisst in Preussen ein Körpermass für schüttbare Gegenstände, welches 16 Metzen = 48 Quart = 3072 Cbkzoll hält. In Dänemark ist 1 Scheffel = $^{1}/_{8}$ Korntonne = 18 Pott = $^{9}/_{16}$ Cubikfuss. Der niederländische Schepel ist mit dem Dekaliter übereinstimmend. In Baiern ist 1 Scheffel = 6 Metzen = 12 Viertel = 48 Massel = 192 Dreissiger; 1 Metze = $34^{2}/_{3}$ Mass und 1 Mass = $^{43}/_{1000}$ Cbkfuss.

In Litern stellen sich die Scheffel wie hier folgt:

Preussen	=	54,961
Baiern	=	222,357
Bremen	=	71,126
Hamburg	=	105,371
Lübeck	=	33,404
Königreich Sachsen	=	107,434
Würtemberg	=	177,226

Scheibe, Chladni'sche, s. Art. Klangfiguren.

Scheibe, stroboskopische, s. Art. Stroboskop.

Scheibe, thaumatropische, s. Art. Thaumatrop.

Scheibe, tönende, s. Art. Klangfiguren.

Scheibenmaschine heisst eine Glaselectrisirmaschine, deren Reiber aus einer Glasscheibe besteht. S. Art. Electrisirmaschine.

Scheidetrichter, der, dient zur Sonderung von verschieden dichten

Flüssigkeiten, welche sich nicht mit einander mischen, z. B. von Wasser und flüchtigen Oelen. Er ist entweder wie ein gewöhnlicher Trichter geformt, oder wie ein Stechheber oben geschlossen und nur mit einer durch einen Stöpsel oder mittelst des Fingers verschliessbaren Oeffnung versehen; das Abflussrohr hat in der Regel einen Hahn, oder wird durch den Finger gesperrt. Der Trichter wird beim Gebrauche mit den Flüssigkeiten gefüllt und dann, wenn sich die Flüssigkeiten übereinander gelagert haben, lässt man die schwerere Flüssigkeit langsam unten abfliessen, was man durch den Hahn des Abflussrohres oder auch durch Oeffnen der oberen Oeffnung reguliren kann.

Scheinbare Bewegung, s. Art. Bewegung.

Scheinbare Grösse, s. Art. Grösse.

Scheiner'scher Versuch. Dicht vor das Auge bringe man eine undurchsichtige Platte (Kartenblatt) mit zwei feinen Nadelstichen, die von einander noch nicht um den Durchmesser der Pupille abstehen. Blickt man durch die Oeffnungen nach dem Knopfe einer Stecknadel, so erblickt man diesen doppelt, wenn sich die Nadel nahe vor dem Auge befindet. Entfernt man die Nadel, so erscheint sie von einem gewissen Abstande ab einfach, in noch grösserer Entfernung aber wieder doppelt. — Ist die Nadel nahe vor dem Auge, so convergiren die beiden Strahlenbündel der beiden Oeffnungen so, dass sie in einem Punkte hinter der Retina zusammentreffen würden; die Retina wird also an zwei verschiedenen Stellen afficirt und man hat den Eindruck daher doppelt. Bei einem gewissen Abstande der Nadel convergiren die beiden Strahlenbündel in einem einzigen Punkte der Retina und man erblickt daher den Nadelkopf einfach. Bei grösserer Entfernung durchkreuzen sich die beiden Strahlenbündel schon vor der Retina und es erhält diese wieder zwei gesonderte Eindrücke, die eine umgekehrte Lage haben im Vergleich zu denen des ersten Falles. Dass das Auge einen einfachen Eindruck nicht blos bei einer bestimmten Entfernung, sondern innerhalb eines gewissen Spielraumes erhält, spricht für das Accommodationsvermögen (s. Art. Accommodation) des Auges und daher vertritt dieser Versuch auch die Stelle eines Optometers (s. d. Art.).

Scheitel oder Zenith oder Scheitelpunkt nennt man den höchsten Punkt des scheinbaren Himmelsgewölbes, weil derselbe über dem Haupte (Scheitel) des aufrecht stehenden Menschen liegt. Vergl. Art. Nadir.

Scheitelkreis oder Verticalkreis heisst jeder grösste Kreis am Himmelsgewölbe, welcher durch Nadir und Zenith (vergl. Art. Nadir) geht. Jeder dieser Kreise steht senkrecht auf dem Horizonte und halbirt diesen.

Scheitellinie oder Verticallinie heisst die von der Stelle des Beobachters nach dem Scheitel (s. d. Art.) gezogene gerade Linie.

Scheitelpunkt, s. Art. Scheitel.

Scheitelrecht oder lothrecht oder vertical, s. Art. Lothrecht.

Scheng oder Tsing ist ein in China gebräuchliches musikalisches Instrument, welches aus 13 oder 19 auf der ebenen Fläche einer Halbkugel stehenden Pfeifen besteht, die verschiedene Länge haben und an der Seite mit einem Loche versehen sind, welches durch einen Finger geschlossen werden kann. Durch ein in die Halbkugel mündendes Rohr können die Pfeifen mit dem Munde angeblasen werden; sie tönen aber, da sie oberhalb der Seitenöffnung im Innern eine einschlagende Zunge haben, nur dann, wenn die Seitenöffnung geschlossen ist.

Schenkelbarometer ist eine Bezeichnung, die bisweilen statt Heberbarometer (s. Art. Barometer. S. 71) gebraucht wird.

Schichtung von Flüssigkeiten nennt man die Uebereinanderlagerung sich nicht mischender Flüssigkeiten nach dem specifischen Gewichte, so dass die leichtere über der schwereren ihre Stelle einnimmt.

Schichtung des Lichtes, s. Art. Geschichtet und geschichtetes Licht, vergl. auch Art. Röhren, Geissler'sche.

Schichtwolke oder Stratus ist eine oben und unten horizontal begrenzte, unmittelbar über dem Boden lagernde Nebelschicht. Man sieht dieselbe an heiteren Sommertagen über Wiesen und Gewässern, wo sie sich beim Untergange der Sonne bildet, aber nach dem Aufgange derselben wieder verschwindet.

Schiebelampe, s. Art. Flaschenlampe.

Schieber nennt man häufig bei der Dampfmaschine (s. d. Art. S. 191) das C-Schiebeventil.

Schiebersteuerung, s. Art. Steuerung.

Schiebeventil, s. Art. Dampfmaschine. S. 191.

Schiefe der Ecliptik, s. Art. Sonnenbahn.

Schiefe Ebene, s. Art. Ebene, geneigte.

Schiefsehen besteht darin, dass das Auge nur ausserhalb seiner Axe befindliche Gegenstände sieht und sich seitwärts drehen muss, um ein Bild von denselben zu erhalten. Unempfindlichkeit der Netzhaut in der Axe des Auges, schiefe Lage der Pupille oder der Krystalllinse, Verdunkelung des vorderen Theiles der Hornhaut werden als Ursachen dieses Fehlers angegeben.

Schielen ist ein mitunter angeborner, mitunter aber auch nur aus einer üblen Angewöhnung hervorgegangener Fehler beim Sehen, welcher darin besteht, dass die beiden Augen die ihnen im normalen Zustande eigenthümlichen übereinstimmenden Bewegungen mehr oder weniger eingebüsst haben, so dass es denselben schwer fällt oder ganz unmöglich ist, ihre Axen zugleich auf denselben Gegenstand zu richten und gerade da zum Durchschneiden zu bringen. Der Schielende sieht gewöhnlich nur mit einem Auge, d. h. er wendet nur dem Eindrucke, welchen er

auf einem Auge erhält, seine Aufmerksamkeit zu. Durch prismatische Brillen hat man dem abzuhelfen gesucht.

Schiff bezeichnet überhaupt und im Allgemeinen ein Wasserfahrzeug; im engeren Sinne versteht man aber unter einem Schiffe nur ein dreimastiges und zwar fregattisch zugetakeltes Fahrzeug, während dann alle übrigen blos als Fahrzeuge bezeichnet werden. So sind im strengeren Sinne in der Kriegsmarine nur die Linienschiffe, Fregatten und Korvetten eigentliche Kriegsschiffe, die übrigen aber nur Kriegsfahrzeuge. Ein zur Fahrt auf dem Meere eingerichtetes Fahrzeug heisst im Allgemeinen ein Seeschiff, hingegen ein nur auf Flüssen oder überhaupt mehr ruhigem Wasser zu gebrauchendes ein Flussschiff. Wird das Schiff durch den Wind, indem dieser auf Segel wirkt, fortgetrieben, so heisst es Segelschiff; liefert Dampf die bewegende Kraft, so Dampfschiff oder Dampfboot.

Wir müssen uns hier auf einige physikalische Fragen in Bezug auf die Schiffe beschränken.

Soll ein Körper schwimmen, so muss die von ihm verdrängte Flüssigkeit soviel wiegen, wie der ganze Körper selbst (s. Art. Hydrostatik. E.). Bei einem beladenen Schiffe muss also das Gewicht des verdrängten Wassers dem absoluten Gewichte des Schiffes sammt der Ladung gleich sein, während bei dem leeren Schiffe natürlich nur das Gewicht des Schiffes in Betracht kommt. Das leere Schiff taucht mithin nicht so tief ein wie das beladene. In der Regel ist bei den Schiffen eine Aichscala angebracht. Der Nullpunkt derselben bezeichnet die Tiefe, bis zu welcher das leere Schiff eintaucht; die Scala schreitet dann fort bei kleineren Fahrzeugen nach Centnern, bei grösseren nach Schiffslasten und wird in der Regel auf empirischem Wege gefunden.

Besonders wichtig ist, dass das Schiff stabil schwimmt, also nicht leicht umschlägt oder kentert, wenn es auch auf die Seite geneigt ist. Es kommt hierbei auf das sogenannte Metacentrum (s. d. Art.) an, und es ergiebt sich, dass die Stabilität eines Schiffes um so grösser ist, je tiefer sein Schwerpunkt unter dem Metacentrum liegt. Es folgt daraus, dass es bei dem Beladen eines Schiffes darauf ankommt, den Schwerpunkt möglichst tief zu erhalten, d. h. die specifisch schwersten Gegenstände in den untersten Theil des Schiffsraumes zu bringen. Daher nehmen Schiffe, welche gezwungen sind unbelastet in See zu gehen, Ballast wenigstens in solcher Menge ein, dass das Schiff ausreichend stabil wird.

In Betreff des Segelns vergl. Art. Segeln; über die Dampfschiffe enthält Art. Dampfschiff das Historische und die übrigen Hinweise.

Schiffsbarometer oder Meerbarometer, vergl. Art. Barometer, namentlich S. 74. In neuester Zeit findet das Aneroid-Barometer (s. Art. Barometer. S. 75) vielfache Verwendung als Schiffsbarometer.

Schiffscompass, s. Art. Compass.

Schiffsdampfkessel, s. Art. Dampfkessel.

Schiffslast heisst in Preussen ein Gewicht von 40 Neu-Centnern oder 4000 Pfund.

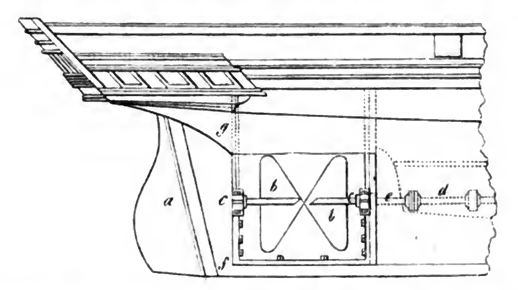
Schiffspfund heisst in Dänemark ein Gewicht von 20 Liespfund = 320 Pfund.

Schiffsschraube, auch Propeller und Pterophor genannt, ist ein Bewegungsmechanismus bei Dampfschiffen und zwar bei den sogenannten Schraubenschiffen im Gegensatze zu den Raddampfern und Reactionsdampfern (vergl. Art. Dampfschiff). Die Wirkungsweise der Schiffsschraube dürfte man sich auf leichte Weise klar machen, wenn man sich einen Pfropfenzieher, an welchem eine Last befestigt ist, in einer feststehenden Korkmasse gedreht denkt. Je nachdem man den Pfropfenzieher dreht, wird er in die Korkmasse weiter eindringen und die Last vorwärts bewegen, oder aus derselben herausgehen und die Last zurückschieben. Statt der Korkmasse haben wir das Wasser, statt des Schraubenziehers die Schiffsschraube und statt der Last das Schiff. Noch besser passt vielleicht der Vergleich mit einer Holzschraube. Auch kann ein Spielzeug, der sogenannte Flieger, zur Veranschaulichung dienen, welcher vollständig nach dem Principe der Schiffsschraube wirkt. Mit der sogenannten archimedischen Schraube kann die Schiffsschraube nicht verglichen werden.

Wegen des Geschichtlichen in Bezug auf die Schiffsschraube vergl. Art. Dampfschiff. S. 200. Wir fügen hier nur noch hinzu, dass der Schweizer Daniel Bernoulli 1752 eigentlich zuerst das Princip der Schiffsschraube wissenschaftlich begründet hat. Dass die Deutschen Joseph Ressel (geb. 1793 zu Chrudim in Böhmen, gest. 1857 zu Laibach) als Erfinder betrachten, ist bereits erwähnt. In Triest ist demselben deshalb ein Denkmal gesetzt worden. Die Franzosen schreiben Frédéric Sauvage (geb. 1785 zu Boulogne *sur mer*, gest. 1857 in den erbärmlichsten Verhältnissen im Krankenhause zu Picpus) die Ehre der Erfindung zu; die Engländer hingegen ihrem Landsmanne Smith. Letzterer dürfte die wenigsten Ansprüche haben. Nach Bernoulli handelte es sich nur noch um die praktische Verwendung und in dieser Beziehung geht Ressel (1827) sowohl Sauvage (1832) als Smith (1836) mit dem Patente voraus.

Bei dem ersten grösseren Schraubenschiffe Archimedes bestand die Schraube aus zwei Schraubenflächen, welche von ganz gleichen Verhältnissen waren, aber eine diametral gegen einander stehende Lage hatten, so dass dieselbe in der Richtung der Axe gesehen wie ein vollkommener Kreis erschien. Der Durchmesser betrug 5′ 9″; ein voller Schraubengang würde 8 Fuss Höhe gehabt haben, die Schraube hatte aber nur eine Länge von 4 Fuss. Die Schraube war von Schmiedeeisen aus einzelnen Blättern verfertigt, die so aneinander gefügt waren, dass

die Ränder eine Schraubenlinie und die Flächen eine einzige ziemlich glatte und zusammenhängende Fläche bildeten. Die Stelle der Schraube war in dem sogenannten todten Holze (in dem Raume des Schiffshintertheiles vor dem Hintersteven). Nebenstehende Figur stellt das



Hintertheil des Archimedes in dem richtigen Verhältnisse dar. Die Welle der Schraube wurde durch zwei Dampfmaschinen bewegt und machte 133¹/₄ Umdrehungen bei 25 Umdrehungen der Maschine und in ruhigem Wasser legte das Schiff 9,64 engl. Meilen zurück. Die günstigen Ergebnisse mit dem Archimedes haben zu manchen Abänderungen der Schraube Veranlassung gegeben und jetzt construirt man dieselbe meistens aus zwei oder drei Flügeln, denen die Form eines Fischschwanzes zum Muster gedient hat.

Die Schraube muss sich mit grosser Geschwindigkeit bewegen und ganz im Wasser liegen. Da die Theile des Wasser sich leicht verschieben lassen, so kann der erforderliche Widerstand nur durch schnelle Drehung der Schraube erzielt werden. Die Vorzüge der Schraube vor den Schaufelrädern haben sich immer mehr geltend gemacht. Zwar lässt ein Dampfschiff mit Schaufelrädern nichts zu wünschen übrig, wenn es normalmässig eintaucht und der Schub bei beiden Rädern gleich ist; aber die Tiefe des Eintauchens der Räder ist je nach der Belastung verschieden, ferner ist es ungünstig, wenn der Wind von der Seite weht und daher die Räder ungleich eintauchen. Hierzu kommt noch eine Beschränkung im Gebrauche der Segel bei Raddampfern, während das Schraubenschiff wie ein Segelschiff aufgetakelt werden kann; ferner der Wegfall der Räderkasten bei dem Schraubenschiffe, was bei Flussschifffahrt, namentlich beim Passiren von Brücken, wesentlich ist; endlich die mehr gesicherte Lage der Schraube, weshalb namentlich bei Kriegsschiffen die Schraube immer mehr den Vorzug erhält.

Schiffswaage ist eine Schnellwaage für grosse Lasten, welche aus einem einarmigen und einem zweiarmigen Hebel besteht. Nahe an dem Drehpunkte des einarmigen Hebels wird die abzuwiegende Last ange-

bracht, das andere Ende des Hebels aber steht mit dem über demselben befindlichen zweiarmigen Hebel in Verbindung und zwar nahe an dem Drehpunkte desselben, während an dem langen Arme eine Schaale zur Aufnahme der Gewichte hängt. Wäre das Verhältniss der Entfernungen bei beiden Hebeln 1 : 10 und sehen wir von dem Gewichte der Hebel ab, so würden am einarmigen Hebel 100 Pfund von 10 Pfunden im Gleichgewichte gehalten, diese 10 Pfund aber wieder an dem zweiarmigen Hebel durch 1 Pfund, und mit einem Gewichte von 1 Pfund könnte man also eine Last von 100 Pfunden wiegen. Vergl. Art. Hebel. Diese Waage führt meistens den Namen der schwedischen Schiffswaage.

Schiffswinde ist ein Rad an der Welle aus verticaler Welle und Spaken gebildet und gewöhnlich Gangspill genannt. Vergl. Art. Rad an der Welle.

Schild nennt man auch den Electrophordeckel (s. Art. Electrophor).

Schildknorpel, s. Art. Kehlkopf.

Schillern nennt man das Auftreten eines einfachen wogenden Lichtscheines im Innern mancher Mineralien, der besonders dann sichtbar wird, wenn sie in einer convexen glatten Fläche angeschliffen werden. Der Grund scheint in einem faserigen Gefüge zu liegen oder in der geringeren Durchsichtigkeit in Folge einer Beimengung anderer Substanzen. Es gehört hierher der Schillerquarz oder das Katzenauge in Folge von eingewachsenem Asbest; der Schillerfels, d. h. ein Gemenge des Serpentins mit Bastit, und zwar veranlasst der eingewachsene Bastit das Schillern; auch nennt man Hypersthenit und Gabbro bisweilen Schillerfels, wenn sie durch augitische Gemengtheile schillern, ferner Schillerspath oder Schillerstein; Schillerstoff oder Aesculin.

Schlämmen nennt man eine Operation, um namentlich mineralische Substanzen, auf welche das Wasser keine Einwirkung ausübt, in das feinste Pulver zu verwandeln. Die gepulverte Substanz wird mit Wasser zu einem Brei angerührt, durch Reiben in feinen Schlamm verwandelt, dann durch viel Wasser verdünnt und aufgerührt, worauf man die trübe Flüssigkeit, in welcher die feineren Theilchen schweben, abgiesst und den daraus erhaltenen Bodensatz trocknet.

Schlaf, magnetischer, s. Art. Mesmerismus.

Schlag, electrischer, s. Art. Flasche, electrische.

Schlag, kalter, s. Art. Kalter Schlag.

Schlagende Wetter, s. Art. Wetter.

Schlagloth, s. Art. Loth.

Schlagweite heisst die Entfernung, in welcher von einem electrisirten Körper auf einen andern, ihm genäherten, ein Funke überspringt. Vergl. Art. Funke, electrischer.

Schlagwinkel nennt man bei einem fliegenden Vogel die Weite

des Flügelschlages. Es variirt dieser Winkel zwischen 20° und 150°. Bei Tauben geht der Schlagwinkel wohl oft noch über 150°, wie sich aus dem Zusammenschlagen der Flügel ergiebt.

Schlammregen entsteht, wenn der in der Luft in grösserer Menge vorhandene Staub durch den fallenden Regen niedergeschlagen wird. Vergl. Art. Passatstaub.

Schlammvulcan nennt man einen Vulcan, der keine eigentliche Lava ergiesst, sondern schlammartige Massen. Es finden sich derartige Vulcane in der Aequatorialzone Amerikas. Häufig findet man Fische in dem Schlamme. Vergl. Art. Vulcan.

Schlauchhöhlen haben die Form enger, gewundener Kanäle von theils rundlichen, theils winkligen Querschnitten. Sie finden sich besonders in Italien häufig und bilden sogenannte Windhöhlen oder Wetterlöcher.

Schlemmen, s. Art. Schlämmen.

Schleuder, die, in alter Zeit ein Wurfgeschoss, ist jetzt nur noch als gefährliches Spielzeug in Gebrauch. Die Wirkung beruht auf der Centrifugalkraft (s. d. Art. und Bewegungslehre. IV. 8. S. 99). Hier bemerken wir noch, dass der passendste Moment für die Oeffnung der Schleuder dann ist, wenn sich die schleudernde Hand des rechten Armes vorn rechts befindet, weil in dieser Lage die Hand eine Wendung machen muss, so dass man also stets dieselbe Stelle beim Loslassen trifft, auf welche man sich leicht mit dem Zielen einüben kann.

Schleuse nennt man einen Wasserbau zur Erhöhung und Erniedrigung des Wasserspiegels. Schleusen werden in verschiedenen Fällen angelegt. Bei kleineren Gewässern sammelt man Wasser durch Schleusen an zum Betriebe von Mühlen. In Flandern hat man Schleusen, um das Seewasser vom niedrig liegenden Lande abzuhalten und nach Erforderniss das Land unter Wasser zu setzen. Namentlich aber werden Schleusen nöthig, wenn zwei schiffbare Flüsse oder Ströme, von denen der eine höher liegt als der andere, durch einen Kanal verbunden werden sollen. In diesem Falle besteht die Schleuse aus einer Kammer von solcher Länge und Breite, dass zwei bis drei Schiffe bequem hinter einander in derselben Platz haben. An beiden Enden ist die Kammer mit Thorflügeln absperrbar. Sobald nun ein Schiff abwärts die Schleuse passiren will, werden die oberen Thorflügel geöffnet, während die unteren geschlossen bleiben; das von oben zufliessende Wasser sammelt sich in der Schleusenkammer, das Niveau steigt und das Schiff kann aus der höher gelegenen Stelle in die Schleuse einfahren; hierauf werden die oberen Thorflügel wieder geschlossen und das Wasser durch die unteren abgelassen, so dass das Niveau sinkt und das mitsinkende Schiff aus der Schleuse in den niedriger liegenden Theil der Wasserstrasse fahren kann. Will ein Schiff die Schleuse aufwärts passiren, so ist der Vorgang umgekehrt und es wird erst das untere Schleusenthor geöffnet, so dass das

Schiff in die Schleuse einfahren kann, und dann, nachdem dies Thor geschlossen ist, das obere, um das Schiff durch das nun sich ansammelnde Wasser zu heben. Eine Hauptsache ist, dass das zur Speisung der Schleusen nöthige Wasser in ausreichender Menge vorhanden ist, was in vielen Fällen besondere Anlagen zur Ansammlung desselben bedingt. Ausserdem sind bei dem Baue die Gesetze des hydrostatischen Druckes (s. Art. Hydrostatik. C.) wohl zu beachten.

Schlieren nennt man bei den optischen Gläsern Streifen und ganze Partien, welche von der Dichte der gesammten Glasmasse abweichen. Solche nicht durchaus homogene Glasmassen geben, wenn sie zu Fernrohrobjectiven von grösserer Brennweite verarbeitet werden, wegen der unregelmässigen Strahlenbrechung unklare optische Bilder, welche starke Vergrösserungen nicht vertragen. Vergl. den folgenden Artikel.

Schlieren-Apparat nennt A. Töpler einen Apparat zur Erkennung selbst sehr schwacher Schlieren. Das Princip läuft darauf hinaus, dass von einer schlierenfreien Linse die Strahlen in einem Brennpunkte vereinigt werden, aber nicht in einer mit Schlieren behafteten. Lässt man die von einer Linse mit grosser Brennweite concentrirten Strahlen sämmtlich in die Pupille eines nahe am Brennpunkte stehenden Auges fallen und schiebt genau in den Brennpunkt eine geradlinig begrenzte Scheidewand, so tritt volle Dunkelheit ein, sobald die Scheidewand den Brennpunkt mit ihrem Rande trifft und keine Schlieren vorhanden sind, während dies beim Vorhandensein von Schlieren nicht der Fall ist, da die von diesen gebrochenen Strahlen nicht durch den Vereinigungspunkt der übrigen Strahlen gehen, also nicht abgefangen werden. — Der Apparat lässt sich auch zum Nachweise der Veränderungen durchsichtiger Körper durch Temperaturänderung und Druck, zur Sichtbarmachung der Diffusionsbewegungen etc. gebrauchen.

Schliessungsbogen } heisst der die Pole einer galvanischen
Schliessungsdraht } Säule oder die Platten einer einfachen galvanischen Kette leitend verbindende Draht. S. Art. Galvanismus. B. S. 368.

Schliessungszuckung und Oeffnungszuckung nennt man die Zuckung, welche beim Schliessen und Oeffnen einer galvanischen Kette an thierischen Organismen, die in den Schliessungsbogen derselben eingeschaltet sind, eintreten.

Schlingern nennt man die Bewegung oder das Schwanken eines Schiffs von einer Seite zur andern, d. h. nach seiner Breite in hohler See. Das Schlingern ist um so stärker, je näher der Schwerpunkt des ganzen Schiffes dem Kiele liegt und je runder das Schiff ist.

Schlossen, s. Art. Hagel.

Schmecken, s. Art. Geschmack.

Schmelzbar
Schmelzbarkeit
Schmelzen
Schmelzpunkt
Schmelztemperatur
Schmelzung

Wenn ein starrer Körper in den tropfbarflüssigen Aggregatzustand übergeht, so sagt man, der Körper werde *geschmolzen*, und diese Veränderung selbst heisst *Schmelzung*. Dieser Uebergang wird durch Temperaturerhöhung herbeigeführt; es ist aber die Temperatur, bei welcher das Schmelzen eintritt, die sogenannte *Schmelztemperatur* oder der *Schmelzpunkt*, für verschiedene Körper eine verschiedene und selbst bei demselben Körper eine verschiedene, je nach dem Drucke, unter welchem derselbe steht. In letzterer Beziehung gilt als Regel, dass die Schmelztemperatur bei stärkerem Drucke höher liegt, wenn der flüssige Körper beim Erstarren sich zusammenzieht, aber niedriger, wenn er sich — wie das Wasser — dabei ausdehnt. Unter der gewöhnlichen Schmelztemperatur versteht man die bei dem Drucke einer Atmosphäre geltende. — Alle festen Körper, welche durch Einwirkung der Wärme keine chemische Aenderung erleiden, lassen sich schmelzen, d. h. sind *schmelzbar* oder besitzen *Schmelzbarkeit*; wo dies bis jetzt — wie bei dem Kohlenstoffe (Diamant) — noch nicht gelungen ist, sind wir nur nicht im Stande, den nöthigen Hitzegrad hervor zu bringen. Viele früher für unschmelzbar gehaltene Körper hat man durch neue Mittel höhere Hitzegrade hervorzubringen, z. B. durch das Knallgasgebläse (s. d. Art.), zum Schmelzen gebracht. Man nimmt an, dass in einer Tiefe von 5 bis 6 Meilen unter der Erdoberfläche alle das Erdinnere ausmachende Stoffe geschmolzen sind, also sich im feurigflüssigen Zustande befinden (s. Art. *Erde*. S. 289 ff.). — Körper, deren gewöhnliche Schmelztemperatur unter der Temperatur des bei Tage rothglühenden Eisens liegt, nennt man im Allgemeinen *leichtflüssige*, die von höherer Schmelztemperatur *strengflüssige*. — Einige Körper werden, ehe sie schmelzen, weich, z. B. Eisen, Wachs, Glas; andere schmelzen, sobald die Temperatur die erforderliche Höhe erreicht hat, durch die ganze Masse, z. B. Blei; noch andere schmelzen nur allmälig an der Oberfläche, z. B. Eis, Schwefel, Fett. — Metalllegirungen schmelzen in der Regel leichter, als das Mittel aus den Schmelztemperaturen der Gemengtheile, und liegen die Schmelztemperaturen der Stoffe weit auseinander, so schmilzt der leichter flüssige oft zuerst aus (vergl. Art. *Saigern*), z. B. Blei und Zinn aus ihren Legirungen mit Kupfer.

Um diese, das Wesentlichste von dem auf das Schmelzen Bezüglichen enthaltenden Punkte noch näher zu belegen, mögen hier noch einige Angaben und zwar zunächst die gewöhnlichen Schmelztemperaturen einiger Körper folgen:

Quecksilber	—40°,5 C.
Schwefelsäure	
spec. Gewicht 1,85	—34 „
„ „ 1,78	+ 4 „

Terpentinöl	— 10° C.
Milch	— 1 ,,
Eis	0 ,,
Butter	+ 32 ,,
Phosphor	+ 44 ,,
Hammeltalg	+ 51 ,,
Wachs:	
ungebleicht	+ 61 ,,
gebleicht	+ 68 ,,
Schwefel	+ 111 ,,
Zinn	+ 229 ,,
Wismuth	+ 256 ,,
Blei	+ 334 ,,
Zink	+ 360 ,,
Antimon	+ 432 ,,
(Messing	21° W.
Kupfer	27 ,,
Silber	28 ,,
Gold	32 ,,
Gusseisen	130 ,,
Nickel	160 ,,
Platin	170 ,,)
Bronze	900° C.
Silber	1000 ,,
Gold	1200 ,,
Weisses, leichtflüssiges Gusseisen	1050 ,,
Graues Gusseisen:	
sehr schmelzbar	1100 ,,
wenig schmelzbar	1200 ,,
Stahl:	
leichtflüssig	1300 ,,
strengflüssig	1400 ,,
Eisen:	
weiches französisches	1500 ,,
gehämmertes englisches	1600 ,,

Die Angaben über Messing bis Platin sind nach Wedgwoodschen Graden (s. Art. Pyrometer).

Dafür, dass Legirungen in der Regel leicht schmelzen, geben folgende Angaben recht auffallende Beispiele:

	2 Th. Wismuth,	1 Th. Blei,	1 Th. Zinn	+ 94° C.
	3 ,, ,,	2 ,, ,,	2 ,, ,,	+ 96 ,,
	8 ,, ,,	5 ,, ,,	3 ,, ,,	+ 100 ,,
2 Theile Kadmium,	8 ,, ,,	4 ,, ,,	2 ,, ,,	+ 70 ,,
1 ,, ,,	7 ,, ,,	6 ,, ,,	— —	+ 82 ,,

Schwefel zeigt ein eigenthümliches Verhalten. Er schmilzt bei + 111° C. zu einer dünnen, gelben Flüssigkeit; noch mehr erwärmt wird er bei + 160° wieder dickflüssig und braun, und bei + 200° sogar steif und zähe. Stellt man in geschmolzenen Schwefel ein Thermometer und lässt ihn erstarren, so fällt es auf 111°,5, bleibt so eine Zeit lang stehen und steigt dann schnell auf + 113°. Rührt man mit dem Thermometer, wenn es bis auf 111°,5 gefallen ist, den Schwefel um,

so steigt es ebenfalls auf 113° und bleibt auf diesem Punkte stehen, bis sich die Masse verdickt hat; hierauf sinkt die Temperatur wieder.

Für die Abhängigkeit der Schmelztemperatur von dem Drucke spricht, dass nach W. Thomson das Eis unter einem Drucke von 8,1 Atmosphären seinen Schmelzpunkt bei — 0,059° C. und unter 16,8 Atmosphären bei — 0,129° hat. Die Schmelztemperatur des Eises wird also für 1 Atmosphäre Druckzunahme im Durchschnitte um 0,00747° niedriger und liegt wahrscheinlich bei — 1 unter einem Drucke von 136 Atmosphären. Man hielt die Schmelztemperatur für unabhängig von dem Drucke, bis James Thomson (1850) aus der sogenannten mechanischen Wärmetheorie (s. d. Art.) eine Abhängigkeit folgerte. William Thomson bestätigte dies mit Hilfe des Piezometers (s. d. Art.) und eines sehr empfindlichen Aetherthermometers. Nach Clausius ergiebt sich bei einer Druckzunahme um dp auf die Flächeneinheit eine Temperaturveränderung:

$$dt = \frac{a + t}{A} \cdot \frac{\gamma - \lambda}{L} \cdot dp,$$

wenn t die Temperatur, $a = 273°$ C. (s. Art. Nullpunkt), $A =$ 423,55 Meterkilogramme (s. Art. Aequivalent, mechanisches, der Wärmeeinheit), L die latente Wärme der Flüssigkeit, γ das Volumen von einer Masseneinheit des flüssigen Körpers, λ das Volumen von einer Masseneinheit des festen Körpers ist. Soll die Druckzunahme in Atmosphärendrücken in Rechnung genommen werden, so ist für dp zu setzen 10336 dp. — Mousson hat für Eis bei einer Druckzunahme von einer Atmosphäre eine Erniedrigung der Schmelztemperatur auf 0,00747° C. wirklich gefunden. Die Formel giebt 0,00766° C. Er brachte es sogar dahin, dass der Schmelzpunkt des Eises bis — 18° C. sank; indessen liess sich die dann stattfindende Grösse des Druckes nicht bestimmen. — Nach Bunsen steigt der Erstarrungspunkt für eine Atmosphäre bei Wallrath um 0,0208°, bei Paraffin um 0,0386°. Hopkins bestätigte die Erfahrung am Wallrath und fand ein gleiches Verhalten bei Wachs, Schwefel und Stearin.

Bleibt ein Körper bei ungeändertem Drucke noch unter dem Schmelzpunkte tropfbarflüssig, so nennt man dies eine Ueberschmelzung. Beim Wasser hat dies schon Fahrenheit beobachtet (s. Art. Eis); es zeigen aber ausserdem noch diese Erscheinung Schwefel, Phosphor, Zinn. Eine Hauptsache ist bei der Ueberschmelzung, dass alles beseitigt wird, wodurch die Flüssigkeit in Bewegung kommen könnte; denn der Zustand, in welchem sich der Körper dann befindet, ist als ein labiler aufzufassen, während der starre Zustand der stabile ist.

Das Weichwerden mancher Körper vor dem Schmelzen ist noch nicht allgemein erklärt. Beim Glase hat man angenommen, dass der eine Gemengtheil schmelze und mit noch starrbleibenden Theilen einen



Körper bilde, der in der Mitte zwischen fest und flüssig stehe; aber dies würde z. B. nicht auf Platin oder Eisen passen.

In Bezug auf die Bindung von Wärme, die beim Schmelzen eintritt, vergl. Art. Gebundene Wärme.

Schmelzungswärme | **Schmelzwärme** | nennt man die Wärmemenge, welche ein Körper bindet, um ohne Temperaturveränderung aus dem festen Aggregatzustande in den tropfbarflüssigen überzugehen. S. Art. Gebundene Wärme.

Schnarrwerke oder Rohrwerke bilden in den Orgeln Zungenpfeifen (s. d. Art.). Ihre Töne haben einen schnarrenden Klang.

Schnecke, archimedische, s. Art. Schraube, archimedische.

Schnecke im Ohre, s. Art. Ohr des Menschen.

Schnecke in der Uhr | **Schneckenrad** | heisst in Federuhren ein Rad mit einer schneckenförmig gewundenen Spindel, welches mit der die Feder enthaltenden Trommel durch eine Kette so verbunden ist, dass sich dasselbe ebenfalls drehen muss, wenn die Trommel sich dreht. Dadurch sollte der Gang der Uhr gleichmässiger gemacht werden, indem die anfangs mit stärkerer Kraft auf die Trommel wirkende Feder mittelst der Kette an dem dünneren Schneckentheile, also an einem kürzeren Hebelarme, zieht und bei schwächerwerdender Kraft an den stärkeren Theilen, also an immer grösser werdenden Hebelarmen. In neuerer Zeit bringt man das Schneckenrad nicht mehr an.

Schneckengebläse ist ähnlich der Spiralpumpe (s. d. Art.).

Schnee ist ein atmosphärischer Niederschlag, welcher aus dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdunste durch Gefrieren entsteht, indem die entstehenden Eisnadeln (Nebelkrystalle) sich im Fallen zu Schneeflocken vereinigen. Je strenger die Kälte ist, desto kleiner sind die Schneeflocken. Von einigen Seiten ist angenommen worden, dass der Wasserdunst erst in Wassertröpfchen übergehe und dann zu Eisnadeln sich gestalte. Dies scheint nicht nothwendig zu sein; vielmehr liegt hier ein vollständiger Sublimationsprocess (s. Art. Sublimation) und kein Destillationsprocess (s. Art. Destillation) vor. Hierfür sprechen namentlich die Eisnebel (s. d. Art.). Die Formen der Eisnadeln gehören in das hexagonale Krystallsystem (s. Art. Krystallographie) und in den Schneeflocken schliessen sich die Nadeln unter Winkeln von 30, 60 und 120 Grad aneinander. Die unzähligen Formen der Schneeflocken hat Scoresby auf fünf Grundformen zurückzuführen gesucht.

In dem mittleren Theile der nördlichen gemässigten Zone fällt der Schnee im Allgemeinen, wenn das Thermometer einige Grad über Null, noch häufiger aber einige Grad unter Null steht; weiter nach Norden hin tritt die Erscheinung selbst noch bei den niedrigsten Temperaturen

ein. Häufig verwandelt sich der Schnee während des Fallens in Regen, bisweilen fallen Regen und Schnee mit einander gemischt. Ueberhaupt gilt von dem Niederschlage des atmosphärischen Wasserdunstes in der Form von Schnee im Allgemeinen dasselbe, was von dem Niederschlage in der Form von Regen gilt. Wir verweisen daher auf Art. Regen und führen hier nur noch einige Einzelnheiten an, welche den Schnee besonders betreffen.

Die specifische Wärme des Schnees hat Gadolin zu 0,5245 angegeben. Es stimmt dies mit Eis überhaupt, für welches Desain 0,513 als Mittel aus den Extremen 0,505 und 0,521 giebt und womit auch Person's Angabe 0,504 im Einklange steht. — Für Wärmeausstrahlung des Schnees spricht die Erfahrung, dass derselbe auf seiner Oberfläche kälter als die darauf ruhende Luft gefunden ist; Boussingault, ferner Bravais und Martin haben bestätigende Messungen angestellt, und Scoresby hat darauf aufmerksam gemacht, dass bei bedecktem Himmel das Meerwasser nicht gefriert, wenn die Temperatur der Luft über 29° F. ist, wohl aber bei einer Temperatur um 32° F. herum bei klarem und stillem Wetter. — Dass der Schnee für leuchtende Wärme diathermaner ist als für dunkle, geht, abgesehen von bestimmten Versuchen Melloni's mit einer argandschen Lampe und mit 400° C. warmem Kupfer, schon daraus hervor, dass der Winterschnee nahe an Stämmen von Bäumen u. dergl. schneller schmilzt, als in einer Entfernung davon. — Ist die Temperatur des Schnees dem Gefrierpunkte nahe, so wird er knetbar. — Rother Schnee verdankt seine Färbung einer vegetabilischen Substanz und zwar schreibt Bauer dieselbe einer zu den Schwämmen gehörigen Pflanze zu, die er *Uredo nivalis* nennt, während R. Brown sie zu den Algen rechnet; bisweilen mögen aber auch — wie Scoresby behauptet — kleine Thierchen die Färbung veranlassen oder auch Staub von Eisenoxyd. — Wegen des Zusammenhanges des Schnees mit den Lavinen s. Art. Lavine.

Schneeblindheit ist eine bis zur Blindheit sich steigernde Reizbarkeit des Auges in Folge des anhaltenden Anblickes hell glänzenden Schnees. S. Art. Brillen.

Schneefall. Wegen der Bildung des Schnees im Allgemeinen vergl. Art. Schnee. Hier wollen wir nur noch bemerken, dass der fallende Schnee meistens positiv-electrisch ist, während der Regen sich in der Mehrzahl negativ-electrisch verhält.

Schneeflocken, s. Art. Schnee.

Schneegebirge heissen Gebirge, auf deren Berggipfeln in der Regel auch während der heissen Jahreszeit der Schnee nicht völlig verschwindet. Vergl. Art. Schneegrenze.

Schneegrenze oder Schneelinie bezeichnet die grösseste Höhe, jenseits welcher der Schnee nie verschwindet. Aus einiger Entfernung gesehen, erscheint diese Grenze fast in horizontaler Erstreckung. Ueber

ihr erstirbt das organische Leben bis auf wenige und schwache Spuren. Vom Aequator bis 20⁰ nördl. Breite senkt sich die Schneegrenze nur wenig; rascher und fast gleichmässig von 20⁰ bis 70⁰ nördl. Br.; noch stärker von 70⁰ bis 78⁰ nördl. Br. Die Höhe der Schneegrenze ist also nicht allein von der geographischen Breite eines Gebirges abhängig; sie wird bedingt namentlich durch die mittlere Jahrestemperatur, durch die Intensität und Dauer der Sommerwärme und durch die Menge des im Winter gefallenen Schnees. In höheren Breiten liegt die Schneegrenze höher als die Isotherme (s. d. Art.) von 0⁰ C., am Aequator unterhalb derselben; überhaupt befindet sie sich unter verschiedenen Breiten in einer sehr verschiedenen Mitteltemperatur, die bald über, bald tief unter 0⁰ C. liegt, und auffallenderweise schneidet sie nirgends die Oberfläche der Erde im Niveau des Meeres, obgleich uns Orte mit einer Mitteltemperatur von — 17⁰,5 C. bekannt sind. Nach v. Humboldt entspricht die Schneegrenze am Aequator der Isotherme von 0⁰,4; in der gemässigten Zone von — 4⁰ und in der kalten Zone von — 6⁰; Kämtz giebt hierfür — 0⁰,2; — 1⁰,5 und — 4⁰,8 an. Wichtig würde die Ermittelung sein, bei welcher Temperatur die Erde unter verschiedenen Breiten sich ihrer Schneedecke entledigt. Nach Denzler's in St. Gallen am Säntis angestellten Beobachtungen scheint diese Temperatur in den Alpen + 5⁰ C. zu betragen; aber anderweitige Beobachtungen fehlen noch. Dove hat darauf aufmerksam gemacht, dass in dieser Beziehung wohl die Eisgänge und das allgemeine Schneeschmelzen einen Anhalt gewähren dürften und führt an, dass dies im Flussgebiete der Düna nach Wesselowski und Neese bei + 3,86, der Newa bei + 3,36 und der Dwina bei + 5,55⁰ R. eintrete. — Für Küstengebirge geht im Allgemeinen die Schneegrenze tiefer herab als für Gebirgsgegenden im Innern der Continente, da dort der Temperaturwechsel im Laufe des Jahres geringer ist. — Da namentlich der Gegensatz der Sonnen- und Schattenseite eines Gebirges einen Einfluss auf die Höhe der Schneelinie ausübt, ferner die Beschaffenheit des Bodens in Betreff der Wärmeabsorption und des Wasserabflusses, so hat Hugi vorgeschlagen, nur die Firnlinie, deren Höhe auf den Alpen 7600 bis 7800 Fuss beträgt, zu berücksichtigen. — In verschiedenen Jahren liegt die Grenze verschieden und man spricht daher auch von einer mittleren Schneelinie und von einer oberen und unteren Grenze. Von manchen Seiten wird unter der unteren Grenze die Gegend verstanden, an welcher man beim Besteigen eines Gebirges vereinzelte Schneepartien antrifft, während die obere Schneegrenze dahin gelegt wird, wo die zusammenhängende Schneedecke beginnt. — Eine auffallende Erscheinung zeigt das Himalaya-Gebirge, insofern auf dem nördlichen Abhange die Schneegrenze nach v. Humboldt 3420 Fuss höher als auf dem südlichen liegt, obgleich auf jenem im Winter eine viel strengere Temperatur herrscht. Der Grund liegt wohl darin, dass auf dem südlichen

Abhange ein viel grösserer Schneeniederschlag in Folge der von dem indischen Oceane aufsteigenden feuchten Luft stattfindet, als auf dem nördlichen in mehr trockener Luft liegenden.

Ungefähre Lage der Schneegrenze in Metern.

Südwestspitze von Spitzbergen	0
Nordgrönland	715
Finnmarken	800
Lappland	1150
Island	950
Norwegen	1580—1700
Kamtschatka	1600
Altai	2150
Karpathen	2600
Alpen	2700
Kaukasus	3300
Apenninen	2900
Ararat	4300
Aetna	2905
Sierra Nevada (Spanien)	3410
Himalaya { Norden	5067
Himalaya { Süden	3956
Mexico	4500
Quito	4800
Bolivia	6000
Magellans-Strasse	1139

Schneekrystalle (s. Art. Schnee) haben die Form dünner Blättchen, oder sechsseitiger Prismen, oder bisweilen sechsseitiger Pyramiden. Sie combiniren sich auf unzählige Weise zu Schneeflocken.

Schneelinie, s. Art. Schneegrenze.

Schneeschmelze heisst die Zeit, zu welcher der Schnee im Frühjahr schmilzt. Vergl. Art. Schneegrenze.

Schneesturm heisst ein von heftigem Sturme begleiteter Schneefall. Die Schneestürme zeigen sich namentlich auf hohen Bergen und nur in höheren Breiten auch in geringeren Höhen, dauern nur so lange als der Schnee fällt, und sind wahrscheinlich den Gewittern beizuzählen.

Schneewasser, s. Art. Regenwasser.

Schnelligkeit oder Geschwindigkeit (s. d. Art.).

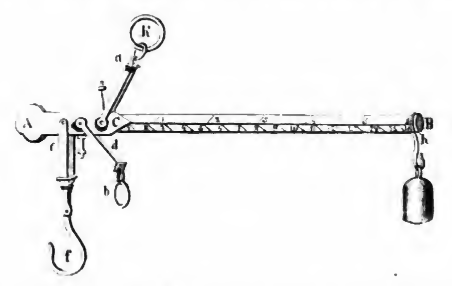
Schnellkraft, Spannkraft, Springkraft, Federkraft und Elasticität sind gleichbedeutend. S. Art. Elasticität.

Schnellloth heisst eine Legirung aus Zinn und Blei. S. Art. Löthen.

Schnellwaage wird vorzugsweise eine ungleicharmige Hebelwaage genannt im Gegensatze zu der gleicharmigen Krämerwaage (s. Art. Waage). Nennen wir an einem mathematischen Hebel die eine Kraft K und ihre Entfernung vom Drehpunkte E_k, die andere Kraft P und ihre Entfernung E_p, so ist Gleichgewicht, wenn $K \cdot E_k = P \cdot E_p$ ist.

Hieraus folgt $P = K \cdot \frac{E_k}{E_p}$ und also $P = K$, wenn $E_k = E_p$ wird, wie es bei der Krämerwaage der Fall ist. Andere Verhältnisse von $E_k : E_p$ geben die Schnellwaagen, deren es also unzählige geben könnte. Man unterscheidet indessen im Grunde genommen nur zwei Arten von Schnellwaagen und zwar mit Rücksicht auf ihre Construction, ob nämlich der eine Aufhängepunkt und der Drehpunkt unveränderlich sind, der andere Aufhängepunkt aber verschiebbar ist, oder ob beide Aufhängepunkte eine unveränderliche Lage haben, der Drehpunkt aber verschoben werden kann.

A. Um uns dem mathematischen Hebel zu nähern, nehmen wir einen physischen Hebel, welcher unbelastet horizontal in Ruhe steht. Denken wir uns den abzuwägenden Körper an einer bestimmten Stelle von dem Drehpunkte aufgehängt, so werden wir demselben durch ein an dem andern Hebelarme verschiebbares Gewicht das Gleichgewicht halten können, und dann aus der bekannten Grösse dieses Gewichtes und aus den Entfernungen des Gewichtes und des zu wägenden Körpers das Gewicht des letzteren zu berechnen im Stande sein. Die hier im Principe beschriebene Waage ist die römische oder romanische oder rommanische (?) (von dem arabischen Romman d. h. Granatapfel) Schnellwaage. Die nebenstehende Figur stellt eine solche Waage vor. AB ist der Balken, a ist die Scheere mit dem Ringe k,



an welchem die Waage aufgehängt wird und innerhalb welcher die Zunge spielt. An den Haken f wird dann der zu wägende Körper gehangen, und ist das auf dem längeren Hebelarme verschiebbare Gewicht der sogenannte Läufer. Der Umdrehungspunkt der Waage liegt bei dieser Aufhängung in C. Damit jedoch die Waage auch noch für gewichtigere Körper brauchbar sei, ist noch eine zweite Scheere d mit dem Ringe b angebracht. Hängt man die Waage an diesem Ringe auf und wendet den Haken f, der mit seiner Gabel über A hinweg geht, um, so findet zwischen beiden Armen des Hebels ein noch grösserer Unterschied statt

und das Gewicht h hält nun bei geringeren Abständen vom Drehungspunkte grösseren Lasten das Gleichgewicht. Die Figur giebt die Eintheilung für jede Aufhängung an, an welcher man das Gewicht abliest. — Steht eine solche Schnellwaage unbelastet horizontal, so nennt man sie eine mathematische, und dann lässt sich die Eintheilung theoretisch ausführen; steht aber die unbelastete Waage nicht horizontal, so heisst sie eine physische und die Eintheilung wird auf empirischem Wege ausgeführt, was übrigens auch bei der mathematischen gewöhnlich geschieht. — Man braucht solche Waagen stellenweis, um ganz bedeutende Lasten, z. B. beladene Lastwagen, zu wiegen. In solchen Fällen findet häufig die schwedische Schiffswaage (s. Art. Schiffswaage) Verwendung.

B. Die andere Art der Schnellwaagen mit verschiebbarem Drehpunkte ist in der sogenannten schwedischen oder dänischen Waage, wohl auch Desemer genannt, zur Ausführung gekommen. Es ist dies die in vielen Haushaltungen gebräuchliche Waage, welche aus einem etwa 2 Fuss langen Stabe besteht, der an dem einen Ende eine Verdickung und an dem andern einen Haken zum Anhängen des zu wägenden Gegenstandes trägt, und zwischen beiden Enden an einer verschiebbaren Handhabe gehalten wird. Die Stelle der Handhabe, wenn der Stab horizontal steht, zeigt das Gewicht des anhängenden Körpers an. Die Eintheilung wird auf empirischem Wege gefunden. Für grosse Lasten ist die Waage nicht brauchbar, auch gewährt sie keine grosse Genauigkeit.

C. Wegen der Zeigerwaagen s. Art. Zeigerwaage, wegen der Federwaagen s. Art. Waage.

Schnurräderwerk, s. Art. Riemenräderwerk und Riemenscheibe.

Schöngucker, s. Art. Kaleidoskop.

Schöpfmaschinen, mittelst deren Wasser in Gefässen geschöpft, gehoben und dann ausgeschüttet wird, kommen ihrer Unvollkommenheit wegen und da sie nur zu geringen Höhen heben, jetzt nicht leicht mehr zur Verwendung. Vergl. Art. Pumpe.

Schöpfräder nennt man Räder mit am Umfange angebrachten Kasten, die sich beim Umdrehen unten mit Wasser füllen, welches sie dann oben in eine Rinne ausgiessen. Vergl. Art. Pumpe.

Schoppen bezeichnet ein Flüssigkeitsmass. In Baden sind 400 Schoppen, in Frankfurt a. M., im Grossherzogthum Hessen, im Kurfürstenthum Hessen und in Nassau 320 Schoppen = einem Ohm = 120 Quart.

Schornstein, der, oder die Esse, s. Art. Heizung. S. 442.

Schraube, die, gehört zu den einfachen Maschinen (s. Art. Maschine) und besteht aus zwei Theilen, nämlich aus der Schraubenspindel und der Schraubenmutter. Die Schraubenspindel

ist ein gerader Cylinder, auf dessen krummer Oberfläche sich eine erhaben ausgearbeitete Schraubenlinie befindet. Den Verlauf der Schraubenlinie giebt die Lage der Hypotenuse eines rechtwinkeligen Dreiecks an, dessen eine Kathete dem Umfange des Cylinders gleich kommt, und welches mit dieser Kathete wiederholt um den Cylinder gelegt wird. Ein Umlauf der Hypotenuse heisst ein Schraubengang; die der Cylinderaxe parallel liegende Kathete giebt die Weite des Schraubenganges an. Die Schraubenmutter ist ein hohler Cylinder, auf dessen Innenfläche dieselbe Schraubenlinie, welche auf der Schraubenspindel erhaben steht, in gleicher Weise vertieft ausgearbeitet ist, so dass die Erhöhungen der einen in die Vertiefungen der andern passen.

Denken wir uns die Schraubenspindel mit ihrer Axe vertical gestellt, so bildet ein Schraubengang eine um die Spindel gelegte schiefe Ebene, deren Höhe der Weite des Schraubenganges und deren Basis der um den Cylinder gelegten und dessen Umfange gleichen Kathete gleich kommt. Es gelten daher für die Schraube die Gesetze der schiefen Ebene und zwar kommt in Betreff des Gleichgewichts der Fall in Betracht, in welchem die Kraft parallel der Basis wirkt (s. Art. Ebene, geneigte. B. 2), und ebenso in Rücksicht auf die Reibung aus Art. Reibung. E. der unter Nr. 2 und 5 aufgeführte.

Bezeichnen wir die Weite eines Schraubenganges mit h und den Halbmesser der Spindel mit r, so ist Gleichgewicht:

1) falls die Kraft an der Peripherie der Spindel wirkt, wenn $K : L = h : 2r\pi$ sich verhält, wo K die Kraft und L die Last bezeichnet, d. h. wenn sich die Kraft zur Last wie die Weite des Schraubenganges zur Peripherie der Spindel verhält;

2) falls die Kraft an einem Schraubenschlüssel oder an einem durch den Kopf der Schraube gesteckten Hebel von der Länge r_s wirkt, wenn $K : L = h : 2r_s\pi$ ist, d. h. wenn sich die Kraft zur Last verhält wie die Weite des Schraubenganges zu der Peripherie des Kreises, welchen die Kraft bei einem Umgange durchläuft. — In diesem zweiten Falle kommt es auf die Dicke der Schraubenspindel bei dem Verhältnisse der Kraft zur Last gar nicht an; dieselbe richtet sich nach der Festigkeit, welche jedesmal erreicht sein muss.

Der Schraube bedient man sich sehr häufig, z. B. um grosse Lasten auf kleine Höhen zu heben (beim Unterschwellen von Häusern, beim Ausziehen eingerammter Pfähle etc.), um Körper besonders fest mit einander zu verbinden und doch wieder leicht auseinander nehmen zu können, um Körper zu pressen (s. Art. Presse. A.) etc. Die grosse Reibung thut hierbei in einer Beziehung gute Dienste, weil sonst die Schraube nicht stehen bleiben würde. Soll eine Schraube von selbst aufspringen, so muss der Neigungswinkel des Schraubenganges den Reibungswinkel (s. Art. Reibung. E.) überschreiten, folglich muss er bei einer Schraube aus Holz grösser als 26° 34′ sein bei einem Reibungscoefficienten =

0,5 und bei einer eisernen Schraube grösser als 10° 12′ bei dem Reibungscoefficienten = 0,18.

Die Schraube arbeitet langsam, weil auch bei ihr die güldene Regel (s. Art. Regel, güldene) gilt. Dies kommt namentlich in Betracht bei der Mikrometerschraube und bei der Schraube ohne Ende (s. diese Art.). — In manchen Fällen wendet man Schrauben mit flachem, in anderen mit scharfem Gewinde an, ferner Schrauben mit einfachen und mit doppelten oder mehrfachen Gängen. Ein scharfes Gewinde hat namentlich die sogenannte Holzschraube, die sich ihre Mutter selbst bohren soll. — Gewöhnlich sind die Schrauben rechts gewunden und nur in solchen Fällen, wo es durchaus nothwendig ist, die rechts gewundenen zu vermeiden, verwendet man links gewundene, z. B. die Schrauben der Wagenaxen, welche das Rad festhalten sollen, müssen auf der linken Seite links und auf der rechten Seite rechts gewunden sein.

Schraube, archimedische oder des Archimedes oder Wasserschraube ist ein schraubenförmiges Rohr, welches auf einer drehbaren Axe befestigt ist. Man wendet diese Schraube meistens an, wenn aus einer abgedämmten Stelle Wasser entfernt werden soll. Deshalb stellt man sie mit ihrem unteren Ende in das Wasser, so dass die Axe mit dem Wasserspiegel einen spitzen Winkel bildet, und dreht die Axe so herum, dass die Rohrmündung bei der Drehung in das Wasser eingreift. Hierdurch wird das Wasser, welches den unteren Theil des untersten Schraubenganges des Rohres füllt, gehoben; die Rohrmündung füllt sich, sobald sie aus dem Wasser kommt, mit Luft, dann schöpft sie wieder Wasser, welches wie vorher gehoben wird, und dabei wird das zuerst geschöpfte Wasser immer höher gefördert, bis es an der oberen Mündung ausläuft. Die Schraube muss möglichst schnell gedreht werden und der Neigungswinkel der Axe möglichst spitz sein. — Ueber die Schraube zur Fortbewegung von Schiffen s. Art. Schiffsschraube.

Schraube, electrodynamische oder Solenoid, s. Art. Electrodynamik. A. S. 267.

Schraube ohne Ende ist eine Verbindung der Schraube mit dem Rade an der Welle (s. d. Art.), so dass die Schraubengänge in die schräg gestellten Zähne eines Stirnrades eingreifen. Die Schraube lässt sich nur drehen, bleibt aber an derselben Stelle und greift ohne Aufhören in die immer wiederkehrenden Zähne des Rades ein. Daher kommt ihr Name. Es verhält sich hier beim Gleichgewichte die Kraft am Schraubenschlüssel zur Last an der Peripherie der Welle, wie das Product aus dem Halbmesser der Welle des Rades und der Höhe des Schraubenganges sich zu dem Producte aus dem Halbmesser des Rades und der Peripherie des Schraubenschlüssels verhält; die Wege aber verhalten sich umgekehrt. Man kann daher grosse Lasten mittelst einer geringen Kraft bewältigen, z. B. die englische Wagenwinde; andererseits benutzt man diese Schraube, um sehr kleine Bewegungen hervorzubringen, z. B.

beim Spannen der Saiten an dem Basse, oder auch um dergleichen zu messen.

Schraubendampfer, s. Art. Dampfschiff und Schiffsschraube.

Schraubendraht, eletrodynamischer oder Solenoid, s. Art. Electrodynamik. A. S. 267.

Schraubengang
Schraubengewinde oder
Schraubenlinie } s. Art. Schraube.

Schraubenmikrometer, s. Art. Mikrometer. I.

Schraubenmutter, s. Art. Schraube.

Schraubenpresse, s. Art. Presse. A.

Schraubenspindel, s. Art. Schraube.

Schraubenturbine, s. Art. Turbine.

Schritt, s. Art. Gehen. S. 385.

Schrittzähler, s. Art. Hodometer und Pedometer.

Schrotleiter heisst eine beim Beladen von Lastwagen gebräuchliche schiefe Ebene. S. Art. Ebene, geneigte. C. S. 242.

Schrotwaage oder Bleiwaage nennt man hier und da den gewöhnlich Setzwaage (s. d. Art.) genannten Messapparat, dessen sich die Handwerker zur Horizontalstellung bedienen.

Schüsselapparat nannte Ritter eine von ihm in Vorschlag gebrachte galvanische Säule, deren Wesentliches in einer Reihe an einem Gestelle über und in einander gehängter Kupferschüsseln bestand, die so mit einer verdünnten Säure gefüllt wurden, dass die Flüssigkeit der einen Schüssel stets die Bodenfläche der anderen berührte. In jede Schüssel wurden kleine Zinkstücken gelegt.

Schwaden oder Brodem heisst der aus heissem Wasser aufsteigende Nebel. Vergl. Art. Dampfbläschen und Nebel.

Schwaden, feuriger, s. Art. Wetter, schlagendes.

Schwächungscoefficient bei Absorption des Lichtes, s. Art. Absorption. B. S. 12.

Schwanken der Sterne ist eine bisweilen eintretende auffallende Ortsveränderung der Sterne, die in einer hin- und hergehenden Bewegung besteht und ihre Veranlassung in Luftströmungen hat.

Schwankungen des Barometers, s. Art. Barometrie. S. 77; des Mondes, s. Art. Libration und Mond. Vergl. überhaupt die näher bezeichnenden Artikel.

Schwanzstern oder Komet (s. d. Art.).

Schweben in einer Flüssigkeit drückt aus, dass ein in der Flüssigkeit befindlicher Körper nicht auf der Oberfläche derselben schwimmt, auch nicht auf den Grund herabsinkt, sondern von der Flüssigkeit rings umgeben im Gleichgewichte steht. Vergl. Art. Hydrostatik. E., auch Luftballon.

Schweben der Töne, s. Art. Battements.

Schwefel. Wegen des eigenthümlichen Verhaltens des Schwefels beim Schmelzen s. Art. Schmelzen; ausserdem bemerken wir in physikalischer Hinsicht, dass der Schwefel in gewöhnlicher Temperatur fest ist; eine hellgelbe, zuweilen ins Grünliche gehende Farbe besitzt; durchscheinend oder undurchsichtig, leicht zerbrechlich, ein schlechter Leiter für Wärme und Electricität ist; durch Reiben leicht electrisch wird: in Wasser unlöslich, in Aether, Alkohol und ätherischen Oelen selbst in der Wärme nur wenig löslich ist, wohl aber in Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel; in fetten Oelen zwar aufgelöst wird, aber sich nicht unverändert wieder abscheiden lässt; sich beim Schmelzen bedeutend ausdehnt; bei 400° C. kocht. Besonders bemerkenswerth ist noch, dass bis über 200° C. erhitzter geschmolzener Schwefel in einem dünnen Strahle in kaltes Wasser gegossen nur nach längerer Zeit hart wird und dabei dunkel bleibt. Sublimirter Schwefel liefert die Schwefelblume.

Schwefelätherhygrometer ist das Daniell'sche Hygrometer. S. Art. Hygrometer. 2. S. 478.

Schwefelgeruch beim Blitze, s. Art. Ozon.

Schwefelgrotte / **Schwefelhöhle** nennt man eine Grotte oder Höhle, in welcher Schwefelwasserstoff ausströmt, wovon in der Regel auch ein Schwefelabsatz an den Wänden die Folge ist. Beim Eintreten in eine solche, gewöhnlich nicht sehr ausgedehnte Höhle empfindet man wegen des Schwefelwasserstoffgases ein stechendes Gefühl und eine auffallende Wärme. Wahrscheinlich findet auch eine Kohlensäureentwickelung statt und daher ist ein Aufenthalt in diesen Höhlen nur so lange möglich, als man den Athem zurückzuhalten vermag. Diese Höhlen finden sich in vulcanischen Gesteinen und haben meistens die Form von Spalten.

Schwefelhölzchen, s. Art. Eupyrion.

Schwefelkiespendel, d. h. ein Faden mit einem anhängenden Schwefelkiese, haben ähnlich der Wünschelruthe eine magische Rolle gespielt. Ueber Wasser und Metallen sollten sie in Schwingungen gerathen und verschiedene, aber regelmässige und nach bestimmten Gesetzen wechselnde Curven beschreiben.

Schwefelquellen oder Schwefelwasser, s. Art. Quelle. D.

Schwefelregen heisst ein Regen, bei welchem das zusammengelaufene Wasser auf der Oberfläche mit einem gelben Stoffe bedeckt ist, der oberflächlich betrachtet der Schwefelblume ähnelt. Genaue Untersuchungen haben ergeben, dass dieser Stoff aus von dem Winde fortgeführtem Blüthenstaube besteht, und zwar nach Göppert im März und April vom Erlen- und Haselnussstrauche, im Mai und Juni von Fichtenarten, Wachholder und Birke, im August und September von Bärlappsaamen, Rohrliesch oder Teichkolben.

Schweifstern oder Komet (s. d. Art.).

Schweigger'scher Multiplicator, s. Art. Electrodynamik. B. S. 269.

Schweissbar sind Eisen und Platin, d. h. sie werden in der Weissglühhitze so weich, dass sich getrennte Stücke zu einem einzigen vollkommen homogenen Stücke zusammenhämmern lassen.

Schwelen nennt man einen trockenen Destillationsprocess, der namentlich in der Theerschwelerei im Grossen ausgeführt wird. Der dem Processe unterworfene Körper wird in Gluth versetzt, ohne dass ein Entflammen eintritt.

Schwelle der Flüsse nennt man die Zeit des Hochwassers. Bei dem Nil fällt die Schwelle auf das Ende des Sommers und ist im August am höchsten. In höheren Breiten fällt die Schwelle mit der Schneeschmelze zusammen. Bei der Oder und Elbe tritt sie im März ein, beim Rhein auch im Sommer, weil er aus dem Hochgebirge kommt. Der Ganges beginnt Ende April zu steigen und ist im Juli und August am höchsten. Der Orinoco zeigt keine Schwelle, weil im Sommer die nördlichen und im Winter die südlichen Zuflüsse in der Regenzone liegen.

Schwellen bedeutet voller werden, z. B. Schwellen der Flüsse (s. den vorhergehenden Artikel), Schwellen der Töne in der Musik. In der Gerberei versteht man darunter das Lockermachen der Häute durch Schwellbeizen, um sie zur Aufnahme der Gerbmaterialien geeigneter zu machen.

Schwere oder Schwerkraft. A. Jeder Körper zeigt nicht nur als Ganzes, sondern auch in jedem Massentheilchen das Bestreben, sich in gerader Linie nach dem Mittelpunkte der Erde hinzubewegen. Daher fallen die Körper, wenn sie nicht verhindert sind, in dieser Richtung, oder sie drücken in ebenderselben auf die Unterlage, auf welcher sie ruhen, oder sie ziehen in gleicher Weise an dem Punkte, an welchem sie aufgehängt sind.

Das Fallen eines Geldstückes, eines Steines etc. ist eine Folge der Schwere; ebenso der Zug, welchen eine an einem Faden befestigte Bleikugel, ein Kronleuchter etc. an dem Aufhängepunkte ausüben; ebenso der Druck, welchen z. B. ein Stein auf seine Unterlage ausübt. Dass der Zug der Körper im Allgemeinen in gerader Linie nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet ist, dafür spricht Folgendes. Lässt man z. B. eine Schrotkugel durch ein schräg gehaltenes Blasrohr fallen, so hört man dieselbe herabrollen, aber nicht, wenn man dem Blasrohre die Richtung eines Fadens giebt, an welchem ein Körper hängt. Daraus folgt zunächst, dass alle Körper — denn man hätte auch statt der Schrotkugel etwas Anderes nehmen können — in der Richtung eines Fadens fallen, an welchem ein Körper hängt. Nun steht ein Faden, an welchem ein Körper hängt, senkrecht auf der ruhigen Oberfläche des Wassers, folglich fallen alle Körper senkrecht zur ruhigen Wasserfläche; da aber

die Erde eine kugelförmige Gestalt hat und die zur Oberfläche einer Kugel senkrechte Richtung nach dem Mittelpunkte geht, so fallen alle Körper in der Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde hin und somit hat der Zug der Körper überhaupt diese Richtung. Zu bemerken ist indessen, dass dies, weil die Erde keine vollkommene Kugel ist, nicht in aller Strenge, sondern nur für den Aequator und die Pole gilt. S. Art. Abplattung.

B. Als Ursache dieses Zuges, der den Körpern beiwohnt, betrachtet man die Anziehungskraft der Erde, welche die Schwerkraft oder auch schlechthin die Schwere genannt wird. Eigentlich ist uns die Ursache unbekannt; die Schwerkraft gehört daher zu den Fundamentalkräften. Die Bewegungen der Himmelskörper um einander, z. B. des Mondes um die Erde oder der Erde um die Sonne, lassen sich durch die Annahme einer gegenseitigen Anziehung, die man Gravitationskraft nennt, erklären, und da je zwei Massen auf einander eine solche Anziehung ausüben, wie die Versuche mit der Coulomb'schen Drehwaage (s. d. Art.) erweisen, so kann man auch sagen, dass die Erde und ein auf ihrer Oberfläche auf sie fallender Körper gegen einander gravitiren, dass aber die Anziehung, welche der gegen die grosse Erde verhältnissmässig kleine Körper auf die Erde ausübt, nicht bemerkbar ist und also nur die Anziehung der Erde gegen den Körper in auffallender Weise hervortritt. Die Schwerkraft ist somit nur ein besonderer Fall der Gravitation (s. d. Art.). Die Schwerkraft geht auch nicht von dem Mittelpunkte aus, sondern von allen Massentheilchen der Körper.

Aus der Schwerkraft erklärt sich, warum unsere Gegenfüssler nicht von der Erde herabfallen; denn auch sie werden — wie alle Körper auf der Erde — nach dem Mittelpunkte derselben durch die Schwerkraft gezogen. Unten ist auf der Erde allenthalben die Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde hin und die Richtung nach oben die entgegengesetzte, also von dem Mittelpunkte nach aussen hin.

C. Die Richtung, in welcher die Schwerkraft wirkt, nennt man vertical oder lothrecht oder scheitelrecht. Die auf der verticalen Richtung senkrecht stehende Richtung heisst horizontal oder waagerecht oder wasserrecht. Vertical ist stets senkrecht auf der ruhigen Wasserfläche; eine senkrechte Linie kann jede andere Richtung haben und senkrecht ist daher mit lothrecht nicht für gleichbedeutend zu nehmen.

Auf der verticalen Richtung der Schwerkraft beruhen das Bleiloth (s. d. Art.) und die Setzwaage (s. d. Art.).

D. Die Schwerkraft der Körper auf der Erde ist unabhängig von der Masse der Körper und wohnt jedem Massentheilchen derselben mit derselben Stärke bei. Man sagt daher, alle Körper seien gleich schwer, und meint damit, sie würden, wenn keine Hindernisse vorhanden wären — also im leeren Raume —, alle gleich schnell fallen. Galilei kam

zuerst zu dieser Erkenntniss durch seine Pendelversuche (vergl. Art. Pendel. A. 7.). — Ebenso haben genaue Pendelbeobachtungen — denn das Pendel ist der Regulator der Uhr (s. Art. Uhr. C.) und aus dem Gange der Uhr kann man auf die Schwingungszeit des Pendels schliessen — gezeigt, dass die Schwerkraft nicht an allen Orten der Erde von gleicher Stärke ist, sondern immer schwächer wird, je weiter man sich von dem Mittelpunkte derselben entfernt oder je näher man dem Aequator kommt. Den Anstoss hierzu und zur Entdeckung der Abplattung der Erde gaben Richer's Beobachtungen auf Cayenne (s. Art. Abplattung. S. 7 und Gradmessung). Bouguer fand, dass ein Pendel, welches am Ufer des Meeres 98770 Schwingungen in 24 Stunden machte, auf dem Berge Pichincha in Amerika in gleicher Zeit nur 98720 vollzog. Vergl. überdies Art. Pendel. A. 9—11.

E. Da jedes Massentheilchen eines Körpers Schwerkraft besitzt, so hat dies einen mit der Anzahl der Massentheilchen in Beziehung stehenden Druck oder Zug der Körper zur Folge, dessen Grösse man das Gewicht des Körpers nennt. S. Art. Gewicht. Ist g die Grösse der Beschleunigung beim freien Falle (s. Art. Fall der Körper. A. S. 301) und M die Masse, so ist das Gewicht $G = gM$, folglich ändert sich das Gewicht eines Körpers mit dem Werthe von g und wird an verschiedenen Orten, an denen dies der Fall ist, verschieden sein. Eine Federwaage würde dies zeigen. Ein Körper, welcher an einem Orte ein Pfund wiegt, wird nun zwar auch an jedem anderen Orte als ein Pfund wiegend erklärt, denn ein Pfundgewicht an verschiedene Orte gebracht, wird immer als Pfundgewicht gelten: aber das Gewicht hat sich dennoch geändert und in manchen Fällen ist dies durchaus nicht unberücksichtigt zu lassen. Der Druck einer Quecksilbersäule von 760^{mm} in Paris ist z. B. gleich dem Drucke einer Quecksilbersäule von nur $759^{mm},753$ in Berlin.

F. Ein fester Körper ist als ein System festverbundener Punkte in der Weise anzusehen, dass an jedem Punkte eine nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtete Kraft wirkt. Da diese Richtungen als parallel genommen werden können, so ergiebt sich eine ebenso gerichtete Resultirende, welche gleich der Summe aller Kräfte ist. Bei den verschiedensten Lagen des Körpers bleiben diese einzelnen Kräfte gleich gerichtet: folglich giebt es für jeden festen Körper einen Mittelpunkt der Resultirenden (s. Art. Bewegungslehre. V. 2. S. 102). Diesen Punkt nennt man den Schwerpunkt des Körpers und die durch ihn gehende Verticale — also die Richtung der Resultirenden – die Falllinie oder Richtungslinie der Schwere. — Da es nur einen Mittelpunkt der Resultirenden giebt, so hat jeder feste Körper auch nur einen Schwerpunkt. — Da die Resultirende der in den einzelnen Massentheilchen enthaltenen Kräfte durch den Schwerpunkt geht, so kann man sich die Schwerkraft aller Massentheilchen eines festen Körpers in dem

Schwerpunkte vereinigt denken und daher ist es gestattet, bei Erscheinungen, welche feste Körper in Folge der Schwerkraft zeigen, statt des ganzen Körpers nur den Schwerpunkt als materiellen Punkt in Betracht zu ziehen. — Daraus folgt, dass der Weg eines fallenden Körpers in der Falllinie liegt; dass der Schwerpunkt eines Körpers immer die tiefste Stelle einzunehmen sucht, welche er einnehmen kann; dass ein Körper, wenn er im Schwerpunkte unterstützt ist, in jeder Lage im Gleichgewichte steht; dass ein in einem einzigen Punkte, welcher nicht mit dem Schwerpunkte zusammenfällt, so aufgehängter oder unterstützter Körper, dass er sich um denselben drehen kann, nur dann in Ruhe ist, wenn seine Falllinie durch den Punkt geht; dass ein in einer Linie oder in mehreren einzelnen Punkten aufgehängter oder unterstützter Körper nur in Ruhe ist, sobald seine Falllinie in einen zur Aufhängung oder Unterstützung gehörigen Punkt oder in diejenige Fläche trifft, welche man durch die geradlinige Verbindung der zur Aufhängung oder Unterstützung benutzten Punkte erhält, hingegen nach der Seite der Falllinie hin fällt, sobald diese Bedingungen nicht erfüllt sind.

G. Wegen der durch die Schwerkraft bedingten anderweitigen Erscheinungen sind die besonderen Artikel zu vergleichen, z. B. Ebene, Pendel, Hebel etc.; wegen des Schwerpunktes noch besonders Art. Schwerpunkt. Da bei tropfbar- und luftförmig-flüssigen Körpern keine feste Verbindung der einzelnen Massentheilchen stattfindet, so versteht es sich von selbst, dass bei ihnen andere Verhältnisse als bei den festen Körpern eintreten. Ueber die durch die Schwerkraft bei diesen Aggregatzuständen bedingten Erscheinungen geben die Art. Hydrostatik, Hydrodynamik, Aerostatik und Aerodynamik die nöthigen Nachweise. Nur dann gelten auch hier die Gesetze für feste Körper, wenn die Flüssigkeiten in Gefässe eingeschlossen sind und wegen der unverändert bleibenden Lage ihrer Theilchen als fest angesehen werden können oder ein einzelnes Theilchen von ihnen, z. B. ein Tropfen, zur Betrachtung kommt.

Schwere, relative oder respective, bezeichnet die Kraft, mit welcher ein materieller Punkt auf einer schiefen Ebene herabgetrieben werden würde. S. Art. Ebene, geneigte. A. S. 239.

Schweremesser nennt man bisweilen die Aräometer (s. d. Art.); der Luftschweremesser ist das Barometer (s. d. Art.).

Schwerkraft, s. Art. Schwere. B.

Schwerlinie oder Falllinie (s. d. Art.) oder Richtungslinie der Schwere, s. Art. Schwere. F.

Schwerpunkt heisst derjenige Punkt eines festen Körpers, bei dessen Unterstützung der Körper in jeder Lage in Ruhe bleibt oder sein Gleichgewicht indifferent ist. Vergl. Art. Schwere. F.

Ist die Masse eines festen Körpers in dem Volumen desselben gleichmässig vertheilt und hat derselbe eine mathematisch einfach bestimmbare

Gestalt, so lässt sich die Lage des Schwerpunktes auf mathematischem Wege bestimmen. So liegt in diesem Falle der Schwerpunkt einer materiellen geraden Strecke in ihrem Halbirungspunkte; eines Dreiecks in dem Durchschnittspunkte der Transversalen, welche die Seiten halbiren; eines Parallelogramms in dem Durchschnittspunkte der Diagonalen; eines Trapezes, dessen längere parallele Seite B und kürzere b in einer Entfernung h von einander abstehen, auf der Linie, welche die beiden Halbirungspunkte der parallelen Seite verbindet, in einem senkrechten Abstande von der längeren $= \frac{B + 2b}{B + b} \cdot \frac{h}{3}$, und man findet ihn in dem Durchschnittspunkte der beiden Linien, von denen die eine die Halbirungspunkte der parallelen Seiten verbindet, die andere aber dadurch erhalten wird, dass man jede der parallelen Seiten nach entgegengesetzter Richtung um ein Stück gleich der anderen verlängert; eines Kreises in dem Mittelpunkte. — Der Schwerpunkt der blossen Dreiecksseiten fällt mit dem Mittelpunkte des Kreises zusammen, welcher sich in dasjenige Dreieck einschreiben lässt, welches durch die Verbindung der Halbirungspunkte der Seiten entsteht. — Bei einem Kreisbogen liegt der Schwerpunkt auf dem Radius, welcher den Bogen halbirt, in einem Abstande von dem Mittelpunkte $= \frac{SR}{B}$, wenn R der Halbmesser, B der Bogen und S die zugehörige Sehne ist, oder $= \frac{360 \sin \frac{1}{2}\alpha}{\pi\alpha} R$, wenn der Bogen α Grad hält. — Der Schwerpunkt eines Kreisausschnittes fällt mit dem Schwerpunkte desjenigen Kreisbogens zusammen, welcher mit dem Ausschnitte denselben Centriwinkel hat, dessen Halbmesser aber nur $^2/_3$ von dem Halbmesser des Ausschnittes ist; er liegt also auf dem Halbmesser, welcher den Ausschnitt halbirt, in einem Abstande vom Mittelpunkte $= {}^2/_3 \, \frac{360 \, . \sin \frac{1}{2}\alpha}{\pi\alpha} R$. — Der Schwerpunkt eines Kreisabschnittes liegt auf dem halbirenden Radius in einer Entfernung von dem Mittelpunkte $= \frac{S^3}{12\,J}$, wenn S die begrenzende Sehne und J der Inhalt des Abschnittes ist. — Der Schwerpunkt von der krummen Oberfläche (Mantel) eines Cylinders und ebenso von der Umfläche eines Prisma liegt im Mittelpunkte der die Schwerpunkte der beiden Endflächen verbindenden Geraden. — Der Schwerpunkt von dem Mantel eines geraden Kegels liegt in der Axe des Kegels und zwar um ein Drittel derselben von der Grundfläche entfernt. — Dasselbe gilt von dem Mantel einer geraden Pyramide in Bezug auf die Gerade, welche von der Spitze nach dem Schwerpunkte des Umfanges der Basis geht. — Der Schwerpunkt eines Prisma liegt in dem Mittelpunkte der Geraden, welche die Schwerpunkte der Endflächen verbindet. — Der Schwerpunkt

einer Pyramide oder eines Kegels liegt in der Geraden, welche die Spitze und den Schwerpunkt der Grundfläche verbindet, und zwar um ein Viertel derselben von der Grundfläche entfernt. — Der Schwerpunkt einer Kugelzone und ebenso der einer Kugelmütze (Calotte) liegt in dem Mittelpunkte ihrer Höhe. — Der Schwerpunkt eines Kugelausschnittes fällt mit dem Schwerpunkte einer Kugelmütze zusammen, deren Halbmesser $= {}^3/_4$ von dem des Kugelausschnittes ist und welche zu demselben Centriwinkel gehört; die Entfernung von dem Mittelpunkte ist also $= {}^3/_4 \left(R - \frac{H}{2}\right) = {}^3/_8 (2R - H)$, wo H die Höhe des zugehörigen Kugelabschnittes ist. — Der Schwerpunkt eines Kugelabschnittes liegt auf dem Halbmesser des Mittelpunktes desselben in einer Entfernung von dem Mittelpunkte der Kugel $= {}^3/_4 \frac{(2R - H)^2}{3R - H}$, wenn R der Halbmesser der Kugel und H die Höhe des Abschnittes ist.

Schwimmaxe heisst die Linie eines schwimmenden Körpers (Schiffes), welche die Schwerpunkte des Körpers und der verdrängten Flüssigkeit verbindet. S. Art. Metacentrum.

Schwimmblase heisst eine mit Luft gefüllte Blase, mit welcher die meisten Fische in ihrem Innern versehen sind und welche dazu dient, den Fisch leichter oder durch Entleerung schwerer zu machen, so dass er in verticaler Richtung auf und nieder steigen kann. Ihre Gestalt ist verschieden, in einigen Fällen mit Zipfeln versehen; mit dem Schlunde steht sie durch einen kurzen Kanal in Verbindung. Da die Blase im obern Theile des Fisches liegt, so kommt der Schwerpunkt in den unteren Theil zu liegen und dadurch wird das Gleichgewicht des Fisches stabil. Vergl. Art. Cartesinianischer Taucher.

Schwimmebene heisst die Ebene, in welcher ein schwimmender Körper von dem Flüssigkeitsspiegel geschnitten wird.

Schwimmen, s. Art. Hydrostatik. E. S. 474. — An der eben angeführten Stelle ist nur von dem natürlichen Schwimmen und nicht auch von dem künstlichen gehandelt. Im Deutschen unterscheidet man dies gewöhnlich nicht, wohl aber ist dies im Französischen der Fall, wo das erstere durch *flotter*, das letztere durch *nager* ausgedrückt wird. Das deutsche Wort „flotten" kommt nur noch stellenweise vor, z. B. bei den Holzflössern, die z. B. sagen, dass wohl das fichtene Holz, aber nicht das eichene flotte. Das natürliche Schwimmen gründet sich lediglich auf das Archimedische Princip. Nach demselben Principe kann man auch Körper zum Schwimmen bringen, die in Folge ihres grösseren specifischen Gewichtes in der Flüssigkeit untersinken würden, nämlich entweder dadurch, dass man ihr Volumen hinlänglich vergrössert, ohne das Gewicht zu ändern, z. B. sie bauchig und hohl macht, oder dass

man sie in Verbindung bringt mit anderen Körpern, welche das Volumen bedeutend, aber das Gewicht nur wenig vergrössern. Eiserne Fahrzeuge liefern ein Beispiel für den ersten Fall, das Schwimmen mit Binsenbündeln, Schwimmgürteln u. dergl. für den zweiten. — Bei dem künstlichen Schwimmen des Menschen kommt es darauf an, den Mund und die Nase durch den Widerstand, welchen das Wasser bei der Bewegung der Hände und Füsse entgegensetzt, über dem Wasser zu halten. Die meisten Menschen wiegen etwas mehr als eine Wassermenge von demselben Volumen, nur fette Personen dürften eine Ausnahme machen, wie dies z. B. mit Don Paolo Muccia, einem Priester zu Neapel (1767) der Fall war, welcher 300 Pfund und 30 Pfund weniger als eine Wassermenge von seinem Volumen gewogen haben soll und daher auch nach dem Archimedischen Principe, also natürlich schwamm. Ein geschickter Schwimmer bringt möglichst viel von seinem Körper unter Wasser. damit er einen möglichst grossen Verlust am Gewichte erleidet. Daher ist auch das Schwimmen auf dem Rücken, wobei auch der Hinterkopf in das Wasser eintaucht, am leichtesten. Ganz verkehrt ist es, die Arme aus dem Wasser zu strecken, weil dadurch weniger Wasser verdrängt wird und also der Körper tiefer einsinkt. — Thiere sind durch ihren Bau zum Schwimmen vortheilhafter eingerichtet als der Mensch, sollen auch specifisch leichter sein als Wasser. — Vergl. auch Art. Schwimmgürtel.

Schwimmer an Dampfkesseln sind Vorrichtungen zur Regulirung der Kesselspeisung oder zur Controle des Wasserstandes. Sie bestehen gewöhnlich aus einer hohlen Eisenkugel oder auch aus einem Kalk- oder Sandsteinstücke an dem einen Arme eines zweiarmigen Hebels, dessen anderer Arm ein Gegengewicht trägt. Mit sinkendem Wasser sinkt die schwimmende Kugel oder der Stein und dadurch wird der Hebel um seine Axe gedreht, wodurch im ersteren Falle die Speiseröhre geöffnet, im anderen Falle gewöhnlich ein Zeiger in Bewegung gesetzt wird, der an der durch eine Stopfbüchse gehenden Hebelaxe befestigt ist. — Wegen des Allarmschwimmers s. Art. Dampfpfeife. — Vergl. auch Art. Schwimmstab.

Schwimmgürtel | **Schwimmring** } nennt man einen Gürtel oder Ring, der bei grossem Volumen ein möglichst kleines Gewicht besitzt, so dass ein mit demselben in Verbindung gesetzter Mensch auf dem Wasser schwimmt (s. Art. Schwimmen u. Hydrostatik. E.) Die Gürtel sind gewöhnlich aus wasserdichtem Zeuge und werden aufgeblasen, die Ringe aus Kork, welcher wasserdicht überzogen ist. Die Gürtel werden angeschnallt; aber dies muss möglichst hoch bei den Schultern geschehen, damit der Mensch mit dem Kopfe oben stabil schwimmt. Die Ringe sind mit losen, eine Handhabe bietenden Stricken umgeben, damit der Mensch sich an ihnen halten kann.

Schwimmheber ist ein Heber (s. d. Art.), an dessen in die Flüssig-

keit eingetauchtem Schenkel eine Blechkapsel angebracht ist, so dass der Heber mit dem Flüssigkeitsspiegel sinkt und also die Flüssigkeit immer mit derselben Geschwindigkeit ausfliesst.

Schwimmstab ist ein fichtener, mit Oelfarbe angestrichener Stab, der unten mit einer blechernen Kapsel versehen ist, so dass derselbe mit seiner Längsrichtung vertical auf Wasser schwimmt. Man bedient sich eines solchen Stabes zur Ermittelung der Stromgeschwindigkeit, also als Hydrometer (s. d. Art.).

Schwimmwaage, s. Art. Aräometer.

Schwinden der Körper bei Erwärmung, s. Art. Ausdehnung der Körper. S. 53 und Pyrometer. S. 292. Ausserdem bezeichnet man auch mit Schwinden die Eigenthümlichkeit mancher Körper, beim Erstarren ein kleineres Volumen einzunehmen, dichter und specifisch schwerer zu werden. Die Grösse der hierbei eintretenden Volumenabnahme nennt man das Schwindmass, welches z. B. für Messing $^1/_{65}$ bis $^1/_{60}$ in der Länge beträgt.

Schwindmass, s. Art. Schwinden.

Schwingung oder Oscillation oder Vibration, s. Art. Pendel und Wellenbewegung.

Schwingungsaxe oder Oscillationsaxe, s. d. Art. Vergl. auch Art. Pendel. B.

Schwingungsbauch. s. Art. Bauch und Knoten.

Schwingungscurve heisst die Linie, auf welcher sich Schwingungen fortpflanzen.

Schwingungsdauer heisst die Zeit, während welcher eine Schwingung vollendet wird.

Schwingungsebene heisst die Ebene, in welcher Schwingungen erfolgen.

Schwingungsknoten, s. Art. Knoten und Bauch.

Schwingungsmittelpunkt | **Schwingungspunkt** } heisst bei einem Pendel (s. d. Art. B.) derjenige Punkt der Schwingungsaxe. welcher in der durch den Schwerpunkt gehenden und mit der Schwingungsebene parallelen Verticalen liegt.

Schwingungsweite oder Amplitude (s. d. Art.).

Schwingungszahl giebt die Anzahl von Schwingungen an, welche in einer bestimmten Zeit, gewöhnlich in einer Secunde, vollendet werden.

Schwitzen als gleichbedeutend mit beschlagen oder anlaufen, s. Art. Dampf. S. 181.

Schwung | **Schwungkraft** } s. Art. Centrifugalkraft.

Schwungkugelregulator oder Regulator der Dampfmaschine, auch Moderator oder Governor genannt, s. Art. Regulator und Centrifugalpendel.

Schwungmaschine, s. Art. Centrifugalmaschine.

Schwungrad heisst ein verhältnissmässig grosses Rad, welches bei Maschinen mit rotirender Bewegung durch seine Schwungkraft den Gang der Maschine gleichmässig machen, namentlich aber die Kurbeln über die sogenannten todten Punkte (s. d. Art.) hinweg bringen soll. S. z. B. Art. Dampfmaschine. S. 192 und Calorische Maschine. S. 138.

Scintillation, s. Art. Funkeln.

Sclerotica, die das Weisse im Auge (s. d. Art.) bildende Haut.

Secundär wird in der Physik häufig im Sinne von untergeordnet oder auch von indirect gebraucht, z. B. secundäre Action oder Wirkung; secundäre Axe oder Nebenaxe bei sphärischen Gläsern; secundärer Strom oder Nebenstrom (s. Art. Induction. A. S. 490). Die Ladungssäule (s. d. Art.) nennt man bisweilen auch secundäre Säule. Meissner unterscheidet bei den Augen eine primäre, secundäre und tertiäre Stellung. Bei der primären Stellung sind die Sehaxen parallel, gerade aus und in einem Winkel von 45° unter dem Horizont geneigt. Bei der secundären sind die Axen aus der primären Stellung horizontal oder vertical gedreht, und entweder noch parallel, aber anders geneigt, oder noch in derselben Neigung, aber nicht mehr parallel; bei der tertiären findet eine andere Neigung und nicht parallele Richtung statt.

Secundenpendel, s. Art. Pendel. A. 8.

Secundentheiler heisst ein Uhrwerk, welches noch Secundentheile angiebt.

Secundenuhr | **Secundenzähler** } heisst ein Uhrwerk, welches genaue Secunden schlägt.

See, die, s. Art. Meer.

See, der oder ein, ist eine grössere, rings vom Lande eingeschlossene, mit dem Meere nicht in unmittelbarer Verbindung stehende Wasseransammlung der Erde. Hiernach gehören also die Ost- und Nordsee nicht zu den Seen, andererseits aber wohl das caspische und todte Meer. Manche Seen haben einen sichtbaren Zu- und Abfluss, z. B. Bodensee, Genfersee; andere haben nur einen sichtbaren Zufluss, aber keinen Abfluss. Dies sind die sogenannten Binnenseen, z. B. das caspische Meer, der Aralsee. Diese verlieren ihr Wasser durch Verdunstung. Seen mit Abfluss, aber ohne sichtbaren Zufluss, die ihr Wasser durch ergiebige Quellen erhalten, finden sich viele z. B. auf dem uralisch baltischen Höhenzuge. Endlich Seen ohne sichtbaren Zu- und Abfluss, die ihren Ursprung neben Quellen noch dem Schnee- und Regenwasser verdanken, sind meist klein und von merklich wechselndem Wasserstande. — Wegen der eigenthümlichen Erscheinung des Zirknitzer Sees s. Art. Quelle. A. zu Ende. — Viele Seen zeichnen sich durch ihr klares Wasser aus, z. B. der Wettersee in Schweden. Die Farbe klarer Landseen ist gewöhnlich schwach bläulich; vergl. Art. Farbe der Seen. — Grosse Seen, z. B. die nordamerikanischen, üben einen

wesentlichen Einfluss auf das Klima aus und veranlassen im Sommer Seeklima, im Winter aber Continentalklima. — Wegen eigenthümlicher Niveauveränderungen auf dem Genfersee und dem Bodensee s. Art. Seiches.

Seebarometer, oder Schiffs- oder Meerbarometer, s. Art. Schiffsbarometer.

Seecompass, s. Art. Compass.

Seegesicht bedeutet Luftspiegelung (s. d. Art.) auf der See.

Seehöhe eines Ortes nennt man die Höhe desselben über der Meeresfläche, s. Art. Höhenmessung. Wegen des Einflusses der Seehöhe auf das Klima vergl. Art. Klima.

Seeklima, s. Art. Continentalklima und Inselklima.

Seerossol, s. Art. Rossol.

Seethiere, leuchtende, s. Art. Leuchtende Thiere.

Seeuhr oder Längenuhr, s. Art. Chronometer.

Seewasser, s. Art. Meer.

Seewind ist der bei Tage von der See auf die Küste zu wehende Küstenwind (s. d. Art.), während der des Nachts von der Küste zur See hin wehende Wind Landwind heisst.

Segeln heisst mit beigesetzten Segeln fahren. Die Seeleute sagen, das Schiff segelt vor dem Winde, wenn der Wind gerade von hinten kommt; das Schiff deinst oder geht rückwärts und die Segel liegen back, wenn der Wind gerade von vorne kommt; das Schiff segelt bei dem Winde, wenn der Wind seitlich kommt. Da die hinteren Segel, sobald der Wind von hinten kommt, den vorderen den Wind abfangen, so ist dieser Fall keineswegs der günstigste; ein seitlicher Wind gestattet hingegen möglichst viel Segel beizusetzen. Der Wind sucht dann allerdings das Schiff zur Seite zu treiben, da aber der Widerstand gegen die lange Seite hin sehr gross ist, so sucht es nach der Seite hin auszuweichen, nach welcher der Widerstand geringer ist, und da dies an dem Vordertheile der Fall ist, so segelt das Schiff dennoch vorwärts, wenn gleich die Kraft des Windes nicht vollständig zur Wirkung kommt. Bei seitlichem Winde kann sogar nach entgegengesetzten Richtungen gesegelt werden. Hierauf beruht die Möglichkeit des Lavirens. Wenn nämlich ein Schiff ganz oder beinahe nach der Richtung hin will, von welcher der Wind herkommt, oder der Kurs näher als um 6 Striche ($67^1/_2$ Grad) an dem Winde liegt, so muss das Schiff im Zickzack segeln und dies heisst laviren. — Bildet die Richtung des Windes, dessen Stärke = W sei, auf der Wind-(Lee-)Seite eines Schiffes mit der Richtung des Kieles nach dem Bug hin einen Winkel α und das Segel oder die Raa mit derselben Kielstrecke den Winkel β, so ist theoretisch und unter der Annahme, dass die Segelfläche eine Ebene bildet, die Kraft, mit welcher das Schiff vorwärts getrieben wird, $= {}^1/_2 W [\cos(\alpha - 2\beta) - \cos\alpha]$. Dieser Ausdruck liefert den grössten Werth, wenn $\beta = {}^1/_2\alpha$ ist; folglich

ist theoretisch die günstigste Segelstellung diejenige, bei welcher das Segel gerade in der Mitte zwischen Windrichtung und Kielrichtung steht. — Die Wirkung des Windes senkrecht zum Kiele, also die Stärke, mit welcher das Schiff zur Seite gedrängt wird, wodurch die sogenannte Abtrift entsteht, ist $= \frac{1}{2} W [\sin\alpha + \sin(\alpha - 2\beta)]$. — Man erhält diese Ausdrücke leicht, wenn man die Stärke des Windes senkrecht und parallel zum Segel und dann die senkrechte Componente nochmals senkrecht und parallel zum Kiele zerlegt. — Beträgt α über 6 Striche, so braucht das Schiff nicht zu laviren.

Segeltafel oder Strichtafel, s. Art. Quadrant.

Segner's Rad, s. Art. Rad, Segner's.

Sehe, die, oder Pupille (s. d. Art. und Auge).

Sehen ist das durch den Gesichtssinn (s. Art. Auge) vermittelte Wahrnehmen der Dinge ausser uns. Nach seiner inneren Einrichtung ist unser Auge mit der dunklen Kammer (s. Art. *Camera obscura*) des Photographen zu vergleichen, wo auf einer empfindlichen Platte ein verkleinertes und verkehrtes, aber völlig treues Abbild der ausserhalb in gewisser Entfernung befindlichen Gegenstände entsteht (s. Art. Photographie. A.). Die empfindliche Platte in unserem Auge (die Netzhaut) vermag jedoch etwas zu leisten, was kein Collodium u. dergl. im Stande ist, was überhaupt mit physikalischen Vorgängen sich nicht vergleichen lässt. Die Bilder auf der Netzhaut wirken nämlich als Reize auf unser Sehorgan; diese werden in Empfindungen umgesetzt und kommen zum Bewusstsein, aber nicht als subjective innere Zustände, sondern als objective Gegenstände von bestimmter Grösse, Form und Farbe, die sich in einer bestimmten Entfernung ausser uns befinden. Dies zu zergliedern und in seinem inneren Zusammenhange wieder aufzufassen und ursächlich zu begründen, ist Sache der Physiologie. Das Räthsel steht zur Zeit noch ungelöst da. Die Thätigkeiten nämlich, welche bei dem Acte des Sehens stattfinden, sind so zusammengesetzt, dass sie auf eine höchst complicirte anatomische Structur des Sehorgans schliessen lassen, über welche das Mikroskop bisher noch keinen völligen Aufschluss zu geben vermocht hat. Wir können nur vermuthen, dass die Netzhautbilder sich aus einer grossen Zahl isolirter empfindender Punkte mosaikartig zusammensetzen, dass der Sehnerv diese isolirten Empfindungen fortleitet, dass aber der Ort, an welchem dieselben zum Bewusstsein kommen und sich zu einem Gesichtsfelde combiniren, bei dem Gehirn, vielleicht in den sogenannten Vierhügeln, zu suchen sein dürfte. — Hier können nur physikalisch begreifbare Vorgänge beim Sehen eine Stelle finden.

Unser Sehorgan besitzt eigentlich gar nicht die Fähigkeit, den Lichtreiz an sich zum Bewusstsein zu bringen. Unser Lichtsinn ist richtiger aufzufassen als die Fähigkeit, Helligkeitsunterschiede, also Lichtdifferenzen, wahrzunehmen. Wir sehen einen Gegenstand nur, wenn er heller

oder dunkler, nicht aber, wenn er ebenso hell beleuchtet ist, als das umgebende Gesichtsfeld; wir sehen z. B. die Sterne erst, wenn die Beleuchtung des Himmels hinreichend schwach ist.

Wie das Ohr Luftwellen von verschiedener Länge als Töne von verschiedener Höhe empfindet, so werden Aetherwellen je nach der ihnen zukommenden Länge innerhalb gewisser Grenzen von dem Auge als Farben (s. Art. Farbe) empfunden. Das Auge hat Lichtsinn und Farbensinn. Bei einer gewissen geringen Beleuchtung erscheinen alle Farben ungefärbt und nur von verschiedener Helligkeit. Nimmt die Entfernung vom Auge zu, so erscheint hellblau wie schwarz, grün wie blau, rosa erst goldgelb, dann hellgelb, dann grau. Um ein blaues Quadrat noch als blau zu erkennen in einer Entfernung, wo ein rothes noch als roth erscheint, muss dasselbe etwa 25 mal grösser sein, oder bei derselben Fläche etwa 5mal näher stehen.

Wegen der Dauer des Lichteindruckes im Auge vergl. Art. Lichteindruck. Von den Instrumenten, welche in ihrer Wirkungsweise sich hierauf gründen, erwähnen wir die in besonderen Artikeln behandelten: Anorthoskop, Thaumatrop, Stroboskop, Farbenclavier, Kaleidophon. Ferner vergl. Abklingen der Farben und Nachbild; desgl. Irradiation und wegen der subjectiven Farben Art. Farbe. S. 310.

Das Auge sieht die Gegenstände aufrecht, obgleich das Bildchen auf der Netzhaut umgekehrt ist, weil der Eindruck, welchen die Netzhaut erhält, uns Veranlassung giebt zu einem Urtheile über die Richtung, von welcher her dieser Eindruck erzeugt wurde. Verfolgen wir nun den Gang der Lichtstrahlen von dem Netzhautbildchen rückwärts, so ergiebt sich, da sich die Strahlen im Auge kreuzen, das Unten im Bildchen als Oben im Gegenstande und umgekehrt. L. Fick wollte die Ursache darin finden, dass die Einpflanzung der Retinalelemente in dem cerebrospinalen Nervenorgane die umgekehrte sei, als in der Netzhaut. Ein anatomischer Nachweis scheint gar nicht nöthig zu sein.

Wegen des Einfachsehens mit beiden Augen s. Art. Doppeltsehen und Horopter. Ueber das Körpersehen s. Art. Stereoskop, welches sich gerade auf die Verschiedenheit der durch beide Augen gewonnenen Ansichten eines Körpers gründet.

Bei der Beurtheilung der Grösse und Entfernung der gesehenen Gegenstände spielt die Erfahrung eine Hauptrolle. Kinder haben noch keine Vorstellung von der Entfernung und selbst Erwachsene machen Fehlgriffe, wo ihnen die Erfahrung noch mangelt, oder wo das Urtheil in Folge von anderweitigen, sonst massgebenden Anhaltepunkten, die aber nicht in voller Reinheit auftreten, irre geleitet wird. Hieraus entstehen mannichfache Gesichtsbetrüge oder Augentäuschungen, z. B. dass uns im Nebel ein naher Gegenstand riesig gross erscheint, weil wir denselben bei der Undeutlichkeit seiner Umrisse in Ge-

danken soweit entfernt annehmen, als bei heiterem Wetter der Fall sein müsste, um dieselbe Undeutlichkeit zur Folge zu haben. Uebung thut bei Beurtheilung der Entfernung das Meiste. Im Wesentlichen ist das Urtheil über die wahre Entfernung eines Gegenstandes abhängig von dem Winkel, welchen die Axen beider auf den Gegenstand gerichteter Augen mit einander bilden; doch kommt es ausserdem noch auf die Stärke der Beleuchtung an, und als Anhalt dient ferner die bekannte Entfernung anderer Gegenstände (vergl. Art. Parallaxe). Sieht man nur mit einem Auge, so täuscht man sich sehr leicht über die Entfernung. — Bei Beurtheilung der wahren Grösse eines Gegenstandes kommt es auf die Bestimmung des Abstandes desselben und auf die Grösse des Sehwinkels (s. Art. Gesichtswinkel) an. Da Gegenstände, deren wahre Grösse sehr verschieden ist, dieselbe scheinbare Grösse haben können (z. B. Sonne und Mond), so ist der Sehwinkel allein nicht ausreichend, die wahre Grösse zu bestimmen, sondern es muss noch die Entfernung bekannt sein. Steht das Auge in einer Entfernung E senkrecht über der Mitte einer Dimension, deren scheinbare Grösse (Sehwinkel) α ist, so ist die wahre Grösse derselben $M = 2 E . tgs\, {}^1/_2 \alpha$; befindet sich das Auge aber auf der Senkrechten des einen Endpunktes in einer Entfernung E, so ist $M = E . tgs\, \alpha$. Wird die Entfernung nicht durch Messung ermittelt, sondern nur geschätzt, so beurtheilt man die wahre Grösse zu gross, wenn die Entfernung zu gross angenommen wird, und andernfalls zu klein.

Wegen der Fähigkeit des menschlichen Auges, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände, welche deutlich wahrgenommen werden sollen, anzupassen, vergl. Art. Accommodation. Die Augen sind in dieser Beziehung indessen verschieden und jedes besitzt eine bestimmte Sehweite oder Weite des deutlichen Sehens, worunter man eben die kleinste Entfernung des Gegenstandes von dem Auge, bei welcher derselbe noch deutlich wahrgenommen wird, versteht. Die Bestimmung derselben ist namentlich bei der Auswahl der Brillen (s. d. Art.) nothwendig; diese Bestimmung selbst aber geschieht mittelst der sogenannten Optometer (vergl. auch Art. Scheiner'scher Versuch). Für ein gesundes Auge giebt Huyghens die Sehweite zu 8 par. Zoll an, La Hire zu 12 Z., Büffon zu 8 bis 20 Z., Jurin zu 5 Z. bis 14 Fuss 5 Z. Bei einem gesunden Auge ist ein gewisser Spielraum vorhanden und deshalb unterscheidet man einen Nähepunkt und Fernpunkt (s. d. Art.). Bei einem gesunden Auge liegt der Nähepunkt gewöhnlich in einem Abstande von 4 bis 5 Zoll, während der Abstand des Fernpunktes sehr bedeutend sein kann. Liegt der Fernpunkt nur einige Zoll vom Auge, so nennt man das Auge kurzsichtig oder myopisch: liegt hingegen der Nähepunkt weiter ab als bei dem gesunden Auge, wohl gar einige Fuss, so heisst das Auge weitsichtig oder presbyopisch.

Besondere krankhafte Erscheinungen des Sehorgans sind in den besonderen Artikeln nachzusehen, z. B. Staar, Hühnerblindheit, Achromatopsie etc.

Sehlinie oder Richtungslinie nennt man eine gerade Linie, welche von einem Punkte eines Gegenstandes durch den Kreuzungspunkt eines Auges geht. Die von den Endpunkten einer Dimension ausgehenden Richtungslinien bilden den Sehwinkel dieser Dimension.

Sehloch oder Pupille, s. Art. Auge.

Sehnerv, s. Art. Auge.

Sehrab bedeutet geheimnissvolles Wasser und ist bei den Arabern die Bezeichnung für Luftspiegelung (s. d. Art.).

Sehweite oder Weite des deutlichen Sehens s. Art. Sehen gegen Ende.

Sehwinkel oder Gesichtswinkel (s. d. Art.); vergl. auch Art. Sehen.

Seiches nennt man am Genfersee und Bodensee ein plötzliches Steigen des Wassers in Folge einer plötzlichen Abnahme des Luftdrucks. Vergl. Art. Barometrie. S. 78.

Seifenblasen haben durch ihr Farbenspiel physikalisches Interesse erregt. Die Farben erzeugen sich nach der Weise der Farbenringe Newton's (s. d. Art.). Da die Seifenblasen leicht zerplatzen, so ist es rathsam, die Seife — nach Böttger's Vorschlage — in destillirtem Wasser in einem weissen, etwa 1/2 Quart fassenden Arzneiglase durch Erwärmung aufzulösen, das Glas luftdicht zu verschliessen, sobald die Erwärmung ungefähr den Siedepunkt erreicht hat, und dann nach dem Erkalten zu schütteln. — Vom Winde getriebene Seifenblasen hat man auch zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit benutzt, z. B. Derham, Coulomb.

Seihen oder coliren, s. Art. Filtriren.

Seile werden in Bezug auf die Festigkeit (s. d. Art.) mit folgendem Festigkeitsmodulus (k) und Sicherheitsmodulus (k_1) in Rechnung genommen: unter 1 Zoll Dicke $k = 8400$, $k_1 = 2800$; von 1 bis 3 Zoll Dicke $k = 6500$, $k_1 = 2200$; von über 3 Zoll Dicke $k = 4700$, $k_1 = 1600$ Neupfund.

Seilmaschine kann man jede Verbindung von Seilen, Riemen, Ketten, Stangen etc., die durch Kräfte gespannt werden, nennen; gewöhnlich versteht man aber darunter die von Vera angegebene Wasserhebungsmaschine, deren Wirkung auf der Adhäsion des Wassers an einem Seile beruht. Sie besteht aus einem oder mehreren Seilen (Stricken) ohne Ende, die um zwei Rollen oder Wellen gehen, von denen die eine in dem Wasserbehälter, die andere (obere) in einem Kasten an der Stelle sich befindet, wohin das Wasser gehoben werden soll. Die obere Welle wird durch eine Kurbel gedreht. Bei hinreichend schnellem Drehen ist die aufsteigende Seilstrecke mit einer dicken Wasserschicht umgeben,

die oben beim Wenden des Seiles in den Kasten fliesst. Die Reibung ist bedeutend; auch verderben die Seile leicht.

Seilrad heisst das Rad an der Welle (s. d. Art.), wenn die Kraft an einem Seile wirkt, welches über die Peripherie geht. Vergl. Art. Riemenscheibe.

Seilwelle, s. Art. Wellenbewegung. II.

Seismometer | s. Art. Erdbebenmesser.
Seismoskop |

Seitel ist ein Flüssigkeitsmass (s. Art. Körpermass); in Oesterreich ist ein Eimer = 16 Seitel.

Seitendruck, s. Art. Hydrostatik. C.

Seitenentladung ist eine Entladung einer electrischen Batterie in einer Abzweigung des Schliessungsbogens. Wenn man nämlich von dem Schliessungsbogen einen längeren, in eine Kugel endenden Draht abzweigt und dieser einen länglichen Leiter gegenüber hält, so erscheint bei der Entladung der Batterie an dieser Stelle ein kleiner Funke. Der Grund liegt in der nicht gebundenen Electricität der inneren Belegung, welche, indem sie in den Schliessungsbogen und die mit demselben verbundenen Leiter einströmt, durch Influenz (electrische Vertheilung) auf in der Nähe derselben befindliche Leiter einwirkt.

Seitengandecke, s. Art. Gletscher.

Seitenkraft, s. Art. Bewegungslehre. IV. 3, a. S. 95.

Selbstbeweger oder Perpetuum mobile (s. d. Art.).

Selbstentladung, s. Art. Flasche, electrische. S. 345.

Selbstleuchtend heisst ein Körper, welcher die Quelle des von ihm ausgehenden Lichtes in sich selbst trägt. S. Art. Licht.

Selbststeuerung, s. Art. Steuerung.

Selbstzünder, s. Art. Pyrophor.

Semum, s. Art. Samiel.

Selenographie, die, behandelt die Beschreibung des sichtbaren Theiles der Mondoberfläche. Die Mondkarten übertreffen an Detailausführung die Karten von Afrika und Australien.

Selenologie, die, sucht die orographischen Gebilde der Mondoberfläche zu erklären. Mädler unterscheidet 4 selenologische Perioden: 1) Periode der Wallebenen und (grossen) Ringgebirge; 2) Periode der (kleinen) Krater und der Centralberge (im Innern der Ringgebirge); 3) Periode der Rillen oder Furchen (die besonders räthselhaft erscheinen und von allem Irdischen abweichen) und der lang sich hinziehenden Bergadern; 4) Periode der blosen Lichtadern oder Strahlensysteme. Alle diese Gebilde weisen hin auf eine Reaction des Mondinnern gegen die Mondoberfläche. Den Gebilden der ersten Periode liegen Eruptionen aus dem tiefen Innern des Mondes zu Grunde; in den folgenden Perioden zieht sich die plutonische Reaction immermehr von der Tiefe nach aussen; in der letzten Periode wird die erstarrte Rinde gar nicht mehr

durchbrochen, ja kaum mehr gefaltet, sondern durch die dicht unter der Oberfläche sich fortbewegenden heissen Gase nur (etwa nach Art einer Verglasung) in der Art alterirt, dass sie nur das Licht stärker reflectirt, weshalb diese Stellen eben als Lichtadern erscheinen, nicht aber als Bergadern, welche Falten sind. Nur plutonische, nicht aber neptunische Gebilde scheinen auf dem Monde vorzukommen. Vergl. Art. Mond.

Semaphor, s. Art. Telegraph. B.

Senguerd'scher Hahn, s. Art. Hahn, Senguerd'scher.

Senkblei, s. Art. Bathometer.

Senkel, s. Art. Bleiloth.

Senkrecht bedeutet eine Richtung, welche gegen eine Ebene nach allen Seiten hin gleich geneigt ist, und ist nicht mit lothrecht (s. d. Art.) zu verwechseln.

Senkspindel }
Senkwaage } oder Aräometer (s. d. Art.).

Sensibilität bedeutet die Fähigkeit der Sinnesorgane, Eindrücke zur Empfindung zu bringen.

Septentrio hiess bei den Römern der sonst auch Boreas genannte Nordwind.

Serab, s. Art. Sehrab.

Serpent, ein musikalisches Blasinstrument, welches mit einem besonderen Mundstücke, wie dies bei dem Horne, der Trompete und der Posaune auch der Fall ist, geblasen wird. Wahrscheinlich schwingen die Lippen ebenfalls, so dass diese Instrumente den Rohrwerken nahe kommen.

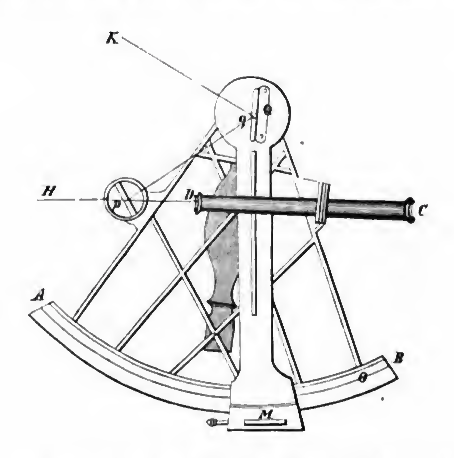
Servatius, s. Art. Herren, die drei gestrengen.

Setzwaage oder Schrotwaage oder Bleiwaage ist ein Nivellirapparat, dessen sich vorzugsweise die Handwerker zur Horizontalstellung bedienen. Die Setzwaage besteht gewöhnlich aus einem gleichschenkeligen hölzernen Dreiecke, von dessen Spitze aus ein auf der Basis senkrecht stehender, gerader Strich auf der einen Fläche eingeschnitten ist. In diesem Striche ist an der Spitze der Faden eines Bleiloths befestigt von einer solchen Länge, dass der schwere Körper fast bis zur Basis herabhängt, woselbst sich ein grösserer Ausschnitt befindet, um diesem Körper einen freien Spielraum zu gestatten. Dieses Dreiecks bedient man sich unmittelbar, wenn es sich darum handelt eine kleine ebene Fläche oder gerade Strecke, z. B. die Console für eine Stutzuhr, horizontal zu stellen; ist die Entfernung aber grösser, so gehört noch das sogenannte Richtscheit (s. d. Art.) dazu. Richtscheit und Setzwaage findet man auch oft, z. B. bei den Steinsetzern, mit einander fest verbunden.

Sextant bezeichnet im Allgemeinen den sechsten Theil eines Kreises, wie Quadrant den vierten und Octant den achten; im Besonderen ver-

steht man darunter den Spiegelsextanten, dessen Erfindung Hadley zugeschrieben wird.

Der Spiegelsextant ist ein Instrument zu Höhen- und Distanzmessungen sowohl auf festem Lande, als zur See. An einem Kreissector AqB (s. nebenstehende Figur), welcher bei dem Sextanten etwas über



60°, bei dem Quadranten etwas über 90° und bei dem Octanten etwas über 45° im Bogen hält, ist um den Mittelpunkt q eine Alhidade qM bewegbar, welche bei M einen Vernier (s. Nonius) und bei q einen ebenen Spiegel trägt. Die spiegelnde Fläche des Spiegels geht durch den Mittelpunkt q und ist durch eine stellbare Platte Q auf seiner Rückseite genau senkrecht zur Ebene des Sectors festgestellt. Ein anderer kleiner ebener Spiegel ist bei p ebenfalls senkrecht zur Ebene des Sectors und so befestigt, dass er möglichst parallel mit der Linie qO geht, welche den Mittelpunkt des Sextanten mit dem Anfangspunkte des Limbus (eingetheilten Bogens) AB verbindet. Steht der Index der Alhidade qM auf dem Anfangspunkte O der Theilung, so müssen beide Spiegelflächen parallel zu einander stehen. Die obere Hälfte des Spiegels p ist durchbrochen, so dass der Lichtstrahl Hp von einem entfernten Objecte durch diesen offenen Theil durch das Rohr DC in das Auge bei C gelangen kann. Der Limbus ist in halbe Grade getheilt, welche für ganze Grade gerechnet werden und auch so bezeichnet sind; die Grade sind in Unterabtheilungen getheilt und der Vernier, welcher gewöhnlich mit einem Mikroskope zum genauen Ablesen versehen ist, gestattet noch feinere Ablesungen. Will man sich überzeugen, ob die Spiegel unter

sich und in Bezug auf den Nullpunkt des Limbus richtig stehen, so visirt man durch *CD* nach einem möglichst fernen Objecte in der Richtung *CDpH* und dreht die Alhidade, bis man gleichzeitig im Spiegel *p* das durch Reflexion von dem Spiegel *q* in *p* erzeugte Bild desselben Objectes wahrnimmt, so dass beide Bilder genau in derselben Richtung stehen. Der Index der Alhidade muss dann genau auf Null stehen. Will man den Winkelabstand zweier Objecte messen, so visirt man direct in der Richtung *CH* nach dem einen und bringt durch Drehung der Alhidade das Spiegelbild des andern in *q* auf den Spiegel *p*, bis beide Objecte in derselben Richtung stehen. Durch Ablesen der Stellung des Alhidadenindexes findet man den Winkelabstand. Zur Beobachtung der Sonne können vor beide Spiegel gefärbte Gläser als Blendung vorgeschlagen werden.

Der Spiegelsextant — und dies gilt auch für den Octanten und Quadranten — gründet sich darauf, dass, wenn ein ebener Spiegel um eine Axe drehbar ist und sich vor seiner spiegelnden Fläche ein Object in einer Entfernung von der Axe $= E$ befindet, sich das Bild auf einem Kreise bewegt, dessen Mittelpunkt die Axe und dessen Halbmesser $= E$ ist, der Winkel aber, welchen das Bild bei einer Drehung des Spiegels um n^0 durchläuft, das Doppelte, also $2n^0$ beträgt. Oder stehen die Spiegel parallel, so dass das Auge dasselbe entfernte Object in der Richtung *CH* sieht und die Alhidade auf Null steht, so sind *Kq* und *Hp* parallel $\angle Kqp = \angle qpC$; soll nun von einem Objecte *K'*, welches so steht, dass *K'q* nicht parallel ist mit *Hp*, der Lichtstrahl *K'q* in der Richtung *qp* auf den Spiegel *p* fallen, was geschehen muss, damit er von *p* reflectirt in das Auge gelangt, so muss die Spiegelfläche um die Hälfte des Winkels gedreht werden, welchen *Hp* und *K'q* mit einander bilden, weil um die eine Hälfte dieses Winkels der Einfallswinkel und um die andere Hälfte der Zurückwerfungswinkel auf *q* vergrössert werden muss. — Vergl. auch Art. Differentialsextant und Distanzmesser.

Sicherheitsklappe, s. Art. Sicherheitsventil.

Sicherheitslampe heisst eine Lampe, mit deren Hilfe sich der Bergmann in sogenannte schlagende Wetter (s. Art. Wetter) wagen kann, ohne eine Explosion zu befürchten. Die Lampe führt gewöhnlich nach ihrem Erfinder (1816) den Namen Davy'sche Sicherheitslampe. Sie besteht aus einer gewöhnlichen Oellampe, deren Docht aus der Mitte der Decke heraustritt. Sie ist überdeckt mit einem $1^1/_2$ Zoll weiten und 7 Zoll langen Cylinder aus Messing- oder Eisendrahtgeflecht von 0,015 bis 0,02 Zoll Dicke, welches auf jeden Quadratzoll 750 bis 900 Löcher hält. Davy selbst nahm ein Gewebe, welches 784 Oeffnungen auf einen englischen Quadratzoll enthielt. Der grösseren Sicherheit wegen macht man die obere Hälfte des Drahtcylinders und die Decke desselben gewöhnlich aus doppeltem Geflechte. Der Drahtcylinder ist mit einem

Gestelle aus stärkerem Drahte umgeben, an welchem sich oben der bei den Grubenlichtern gewöhnliche Haken befindet. Die Verbindung des Cylinders mit der Lampe geschieht durch ein Schraubengewinde, an welchem derselbe mittelst eines Ringes befestigt ist. Durch den Boden geht wasser(öl)dicht ein oben umgebogener Draht zum Putzen des Dochtes, ohne den Cylinder abnehmen zu müssen, und an der Seite des Oelbehälters ist eine durch eine Schraube verschliessbare Röhre zum Einfüllen des Oeles.

Kommt der Bergmann mit einer solchen Lampe in eine Gegend, welche etwas Kohlenwasserstoffgas enthält, so verlängert sich die Flamme. Beträgt der Gehalt an dem gefährlichen Gase $^1/_{12}$ des Volumens der Luft, so füllt sich der ganze Drahtcylinder mit einer schwachen blauen Flamme, innerhalb welcher man die Flamme des Dochtes hell und glänzend fortbrennen sieht. Steigt der Gehalt bis auf $^1/_6$ oder $^1/_5$ des Volumens, so verliert sich die Flamme des Dochtes in der Flamme des schlagenden Wetters, die dann den Cylinder mit sehr starkem Lichte erfüllt. Bei einem Gehalte an Kohlenwasserstoffgas von $^1/_3$ des Volumens erfolgt in der Lampe eine die Flamme verlöschende Explosion, ohne dass sich dieselbe jedoch nach aussen fortpflanzt.

Diese stufenweise den grösseren Gehalt an Kohlenwasserstoff anzeigenden Erscheinungen sind somit dem aufmerksamen Bergmanne ein ausreichender Anhalt zur Beurtheilung des schlagenden Wetters. Davy hat aber sogar für den Fall des plötzlichen Erlöschens der Lampe für hinreichende Erleuchtung zu sorgen gesucht. Er umgab nämlich die Flamme der Sicherheitslampe mit einem gewundenen Platindrahte. Der Draht wird durch die Flamme erhitzt und glüht — in Folge der sogenannten katalytischen Wirkung (s. d. Art. und vergl. überdies: Aphlogistische Lampe und Glühlämpchen) — noch fort, wenn auch die Flamme erlischt. Leider hat sich diese Einrichtung nicht bewährt.

Die Wirkung des Drahtgewebes beruht darauf, dass jeder Körper zu seiner Verbrennung eine seiner Natur entsprechende Vorerwärmung erfordert, und dass diese Temperatur erhalten bleiben muss, wenn die einmal eingeleitete Verbrennung fortdauern soll. Das Drahtgeflecht kühlt nun als guter Wärmeleiter die Flamme soweit ab, dass die Temperatur bis unter den zur Unterhaltung des Verbrennens erforderlichen Grad herabgedrückt wird. Wird der Draht weissglühend, so schlägt die Flamme durch, weil nun die Temperatur zum Verbrennen ausreicht; rothglühendes Eisen entzündet noch nicht. Da Eisendraht mit der Zeit durchbrennt, so hat Graham vorgeschlagen, die Drahtnetze zuvor in Alkalilösung zu tauchen, wodurch das Rosten verhütet wird. — Nach Magnus verliert das Drahtnetz die von der Flamme empfangene Wärme mehr durch Strahlung als durch Leitung und soll als fester Körper ein grösseres Wärmeausstrahlungsvermögen besitzen als die luftförmige Flamme. Durch einen Ueberzug von Alkalilösung, z. B. kohlensaurem

Natron, soll die Wärmeausstrahlung überdies vermehrt werden, was für Graham's Vorschlag sprechen würde. — Museler hat eine Verbesserung angebracht, welche darin besteht, dass das Drahtgehäuse erst in einiger Höhe über der Oellampe beginnt und unten durch einen Glascylinder ersetzt ist, der von dem Gehäuse durch eine horizontale Kupferplatte geschieden wird, welche in ihrer Mitte einen offenen Kupfercylinder trägt, um die von der Oelflamme aufsteigenden Gase in das Gehäuse zu leiten.

Sicherheitsmodulus nennt man den dritten bis zehnten Theil des Festigkeitsmodulus (s. Art. Festigkeit).

Sicherheitspanzer, der, Aldini's besteht aus einem Drahtnetze, welches über eine mit Salzsoole getränkte Kleidung aus Schafwolle oder über ein Amianth-Gewebe angezogen wird. Dieser Panzer wird bei Feuersbrünsten empfohlen. Die Wirkungsweise erklärt sich wie bei der Sicherheitslampe (s. d. Art.).

Sicherheitsröhren bringt man bei Gasentwickelungs- oder Destillationsapparaten an, um für den Fall einer Abnahme der Spannung im Innern ein Zurücktreten der Flüssigkeit in den Apparat zu verhüten. Die Welter'schen Sicherheitsröhren sind von Glas und bestehen aus einer heberförmig gebogenen Röhre mit parallelen Schenkeln; der kürzere Schenkel hat in seiner Mitte eine kugelförmige Erweiterung, ist unten wieder parallel aufwärts gebogen und endet in einen Trichter, welcher noch oberhalb der ersten Biegung steht. Durch den Trichter wird diese Röhre mit Flüssigkeit soweit gefüllt, dass dieselbe die Kugel noch nicht ganz füllt, wenn sie in diese getrieben würde; der lange Schenkel geht luftdicht in den Apparat. Bei Abnahme des inneren Luftdruckes drängt sich die äussere Luft durch die Kugel in's Innere.

Sicherheitsrollen hat man an den Rädern der Eisenbahnwagen zur Vermeidung des Abgleitens von den Schienen anzubringen vorgeschlagen, aber nicht praktisch befunden.

Sicherheitsventil, das, an Dampfkesseln, ist eine Erfindung Papin's, um ein Anspannen der Dämpfe über das Maximum, welches der Kessel noch verträgt, zu verhüten. Es besteht aus einem dampfdicht in einer auf der Oberseite des Kessels angebrachten Oeffnung sitzenden conischen Metallkörper, welcher durch ein an einem Hebel angebrachtes Gewicht so stark angedrückt wird, dass eine noch nicht das Maximum der Spannung erreichende Kraft zum Herausheben erforderlich ist. Besser ist ein dampfdichter Verschluss durch eine vollkommen ebene Metallplatte auf einem ebenen, fast schneideförmigen Ventilsitze. — Das Sicherheitsventil am Luftballon (Charlière) soll gegen das Zerplatzen desselben schützen und besteht aus einer Klappe, welche durch eine Feder angedrückt wird, aber durch eine zur Gondel gehende Schnur geöffnet werden kann.

Sicherloth, s. Art. Löthen.

Sicherungslampe, s. Art. Sicherheitslampe.

Sickerloth, s. Art. Löthen.

Siderisch, d. h. auf die Sterne bezüglich, vergl. Art. Jahr. Monat und wegen der siderischen Revolution Art. Planeten.

Siderismus nannte Ritter die Kunst, mit der Wünschelruthe u. dergl. Erze zu suchen.

Sideroskop hat Baillif ein Instrument genannt zur Auffindung höchst schwacher magnetischer Einwirkungen und zum Nachweis von Eisenspuren. Das Instrument ist wie die Coulomb'sche Drehwaage (s. Art. Drehwaage. S. 227) eingerichtet, nur dass statt des Schellackstäbchens ein 15—16 par. Zoll langer Strohhalm verwendet wird, der an jedem Ende ein Magnetstäbchen von $^1/_2$ Linie Durchmesser und 18 Linien Länge trägt. Die Magnete können entgegengesetzt in der Richtung des Strohhalms liegen, so dass sie gleichnamige Pole einander zukehren, oder senkrecht zum Strohhalme mit den Polen nach derselben Richtung stehen. Die Wirkung der beiden Magnete ist wie die einer astatischen Nadel (s. d. Art.), weshalb man auch das ganze Instrument entbehren kann.

Sieb der Vestalin ist ein Blechbehälter, dessen Boden aus einem feinen Siebe besteht, das aber sonst luftdicht geschlossen ist. Mit Wasser gefüllt wirkt dies Sieb wie ein Stechheber (s. d. Art.).

Sieden oder kochen nennt man den bei hinlänglicher Temperaturerhöhung eintretenden Uebergang eines tropfbarflüssigen Körpers in den luftförmigen Zustand unter wallender und zischender Bewegung durch die ganze Masse hindurch. Den Uebergang eines Körpers in den luftförmigen Zustand sowohl bei festem als tropfbarflüssigem Aggregatzustande desselben an der Oberfläche ohne eintretende Bewegung und ohne Geräusch und zwar bei festen Körpern mit Ueberspringung des tropfbarflüssigen Zustandes nennt man verdunsten oder verdampfen. Hierüber vergl. Art. Dampf und Dampfbildung.

Die Temperatur, bei welcher das Sieden eintritt, nennt man die Siedetemperatur. Bei ein und derselben Flüssigkeit ist diese Temperatur abhängig von dem auf ihr lastenden Drucke und zwar liegt sie bei stärkerem höher, bei schwächerem niedriger; ausserdem ist dieselbe von der Natur der Flüssigkeit abhängig, weshalb man leichter und schwerer zu verflüchtigende Körper unterscheidet. Manche Körper können wir noch gar nicht zum Sieden bringen. Steht die Flüssigkeit mit eckigen und unebenen Flächen in Berührung, so kocht sie leichter, als in glatten und polirten. Wegen des vor dem Aufwallen eintretenden Geräusches s. Art. Simmern.

Die Abhängigkeit der Siedetemperatur von dem auf die Oberfläche lastenden Drucke zeigt folgende kleine Tabelle für Wasser (im Durchschnitt $0^0,1$ C. auf $2^{mm},7$ Veränderung des Barometerstandes):



Barometerstand in Millimetern.	Siedepunkt	Barometerstand in Millimetern.	Siedepunkt.
1075,37	110°,0 C.	707,26	98° C.
787,63	101,0 ,,	682,03	97 ,,
773,71	100,5 ,,	657,54	96 ,,
760,00	100,0 ,,	633,78	95 ,,
746,52	99,5 ,,	525,45	90 ,,
733,21	99,0 ,,	433,04	85 ,,
720,13	98,5 ,,	91,98	50 ,,

Unter dem Recipienten der Luftpumpe zeigt das Wasser bei um so niedrigerer Temperatur die Erscheinung des Siedens, je mehr die Luft verdünnt wird. Hierauf beruht das Einkochen des Klärsels bei der Zuckerraffination in den sogenannten Vacuumpfannen. Ebenso erklärt sich, warum das Wasser auf dem St. Bernhardt (7000′ hoch) gewöhnlich bei 92°,2 C., auf dem Montblanc (15,280′ hoch) bei 86°,5 C. kocht. Hierauf beruht das thermometrische Höhenmessen (s. Art. Höhenmessung. B. S. 457). Vergl. auch Art. Pulshammer, Wasserhammer. — Andererseits kann man einer Flüssigkeit, ohne dass sie die Erscheinung des Siedens zeigt, eine Hitze ertheilen, welche den Siedepunkt derselben unter den gewöhnlichen Umständen bei offenem Gefässe übersteigt, wenn man das Gefäss luftdicht verschliesst, so dass die sich entwickelnden Dämpfe nicht entweichen können und sie bei grösser werdender Wärme einen immer stärkeren Druck ausüben. Dies geschieht in den Dampfkesseln, im Papin'schen Topfe; vergl. auch Art. Digestor. Daraus erklärt sich, warum in einem Dampfkessel, nachdem das Feuer entfernt ist, bei Oeffnung des Ventils so lange das Siedewallen eintritt, bis die Temperatur des Wassers sich bis auf die Temperatur erniedrigt hat, welche dem äusseren Luftdrucke entspricht. — Obgleich der Luftdruck nur auf die Oberfläche lastet, muss in grösserer Tiefe unter der Oberfläche eine höhere Temperatur sein, weil der Druck der Flüssigkeit zu dem der Luft hinzukommt. Dies kommt z. B. bei den Geysiren (s. Art. Geyser) mit in Betracht. Vergl. auch Art. Atmothermometer.

Ueber die Abhängigkeit der Siedetemperatur von der chemischen Zusammensetzung der Substanzen sind in neuerer Zeit vielfache Untersuchungen angestellt worden.

Siedetemperaturen einiger Körper unter dem Drucke einer Atmosphäre.

Stickoxydul	— 87°,9 C.
Kohlensäure	— 78,2 „
Schwefelwasserstoff	— 61,8 „
Ammoniak	— 38,5 „
Chlor	— 33,6 „

Chlormethyl	—	23°,73 C.
Methyläther	—	23,65 „
Schweflige Säure	—	10,08 „
Chloräthyl	+	12,5 „
Cyanchlorid		12,66 „
Borchlorid		18,23 „
Concentrirte Salzsäure		20,0 „
Schwefeläther		35,5 „
Bromäthyl		38,37 „
Schwefelkohlenstoff		46,2 „
Aceton		56,3 „
Chlorsilicium		56,81 „
Chloroform		60,16 „
Holzgeist		66,78 „
Phosphorchlorür		73,8 „
Chlorkohlenstoff		76,5 „
Alkohol		78,26 „
Wasser		100,0 „
Terpentinöl		159,5 „
Oxals. Methyl		164,2 „
Citronöl		174,8 „
Leinöl		316,0 „
Schwefelsäure, spec. Gew. 1,85		327,0 „
Quecksilber		357,25 „
Schwefel		490,0 „
Zink		1040,0 „
Kochsalzlösungen von spec. Gew.		
1,006 bei	+	100°,3 C.
1,012 „		100,4 „
1,018 „		100,8 „
1,024 „		101,0 „
1,048 „		102,0 „
1,204 „		108,6 „

Siedepunkt heisst der eine Fundamentalpunkt der Thermometerscala. S. Art. Thermometer.

Siedetemperatur | nennt man die Temperatur, bei welcher das
Siedewärme | Sieden unter gewöhnlichem Luftdrucke oder unter einem Atmosphärendrucke eintritt. S. Art. Sieden.

Siegelpresse, s. Art. Knie und Presse. C.

Signalkunst, s. Art. Telegraphie.

Sikota, s. Art. Luftspiegelung.

Silberloth, s. Art. Löthen.

Simmern nennt man das Geräusch, welches beim Kochen einer Flüssigkeit namentlich in metallenen Gefässen vor dem Aufwallen hörbar wird. Der Grund hiervon liegt in dem Zerplatzen der entstandenen Dampfbläschen in den höheren, noch kälteren Schichten und dem Eindringen der umgebenden Flüssigkeit in das entstandene Vacuum.

Simum, s. Art. Samiel.

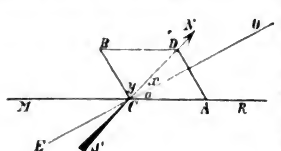
Sinne sind diejenigen Einrichtungen des leiblichen Organismus, durch welche wir zur Wahrnehmung der Gegenstände und ihrer Eigen-

schaften gelangen. Die Thätigkeit der Sinnesorgane beruht auf der Sensibilität oder Empfindlichkeit der von ihnen zum Gehirne gehenden Nerven, vermöge welcher der gesunde Nerv seinen jedesmaligen Zustand oder seine Gegenwirkung gegen den auf ihn einwirkenden Reiz im Gehirne bemerkbar macht. Wie dies geschieht, hat die Psychologie nachzuweisen.

Man unterscheidet fünf Sinne, nämlich den Gefühlssinn mit Einschluss des Tastsinnes, den Geschmackssinn, den Geruchssinn, den Gesichtssinn und den Gehörsinn. Vergl. die Art. Gefühlssinn, Geschmack, Geruch, Auge und Sehen, Ohr und Hören.

Sinumbralampe oder schattenlose Lampe ist eine Verbesserung, welche Philipps an der Astrallampe (s. Art. Lampe) angebracht hat, um den Schatten zu beseitigen, welchen der Oelkasten veranlasst. Das Wesentlichste ist eine matte Glasglocke, welche die Flamme noch unterhalb des Oelkastens umfasst und das Licht nach allen Seiten hin zerstreut, und dass der Querschnitt des Oelkastens nicht rechteckig ist, so dass die oberhalb und unterhalb desselben hinweggehenden von der Flamme kommenden Strahlen sich in geringem Abstande von dem Oelkasten kreuzen.

Sinusboussole ist ein Galvanometer zur Messung starker galvanischer Ströme. Bezeichnet in nebenstehender Figur MR den magnetischen Meridian, C den Drehpunkt einer Magnetnadel SN, EO einen electrischen Strom, welcher in einer durch C gehenden Ebene liegt, und denkt man sich die Nadel zunächst in MR stehend, den Strom ebenfalls in MR gehend, so wird die Nadel seitwärts getrieben. Wenn man den Strom hierauf der Nadel nachschwenkt, so mögen der magnetische Meridian, der Strom und die Nadel die in der Figur angedeutete relative Lage haben. Ist



nun $CB = s$ die Kraft des electrischen Stromes, welche die Nadel senkrecht zum Strome stellen will, $CA = m$ die Richtungskraft des Erdmagnetismus, $\angle RCO = a$ die Abweichung des electrischen Stromes vom magnetischen Meridiane, $\angle NCO = x$ der Winkel zwischen dem Strome und der zur Ruhe gekommenen Nadel, $\angle BCD = y = 90 - x$; so ist, wenn $BDAC$ das aus den Componenten (s. Art. Bewegungslehre. IV. S. 94 und 101) $CA = m$ und $CB = s$ construirte Kräfteparallelogramm ist,

$$CB : CA = s : m = sin(a + x) : sin\, y, \text{ d. h.}$$

$$s = \frac{m \,.\, sin\,(a + x)}{sin\, y} = \frac{m \,.\, sin\,(a + x)}{cos\, x}.$$

Da nun bei Versuchen, welche an demselben Orte angestellt werden, m als constant angenommen werden kann, so erhält man für verschiedene Ströme:

$$s : s_1 = \frac{sin\,(a + x)}{cos\,x} : \frac{sin\,(a_1 + x_1)}{cos\,x_1}.$$

Richtet man den Versuch so ein, dass jedesmal $x = 0$ wird, so erhält man $s : s_1 = sin\,a : sin\,a_1$. Es verhalten sich also in diesem Falle die Stromstärken wie die Sinus der Abweichung des electrischen Stromes, oder — da eben $x = 0$ ist — wie die Sinus der Ablenkung der Magnetnadel aus dem magnetischen Meridiane. Das Instrument, welches zu dieser Versuchsart eingerichtet ist, heisst die Sinusboussole. Das Instrument enthält einen kupfernen Leitungsdraht, welcher gewöhnlich mehrmals über einen hölzernen Kreis von 6 bis 8 Zoll Durchmesser kreisförmig gewunden ist. Der Mittelpunkt des Kreises fällt mit dem Drehpunkte einer Magnetnadel zusammen, welche sich in einem Gehäuse befindet, das mit dem Holzringe fest verbunden ist. Dies aus Ring und Gehäuse bestehende System ist um einen unten angebrachten Zapfen drehbar im Mittelpunkte eines horizontalen Kreises, der von drei Schraubenfüssen getragen wird und mittelst einer Röhrenlibelle (s. d. Art.) horizontal eingestellt werden kann. Mit dem drehbaren Systeme dreht sich ein Zeiger auf dem Kreise. Beim Gebrauche wird der Kreisleiter so eingestellt, dass er sich mit der Magnetnadel in derselben Verticalebene befindet, was dadurch erleichtert wird, dass die Magnetnadel mit einem senkrecht auf ihr stehenden und durch ihre Drehaxe gehenden Kupferdrähtchen versehen ist, und dass der Boden, über welchem die Magnetnadel spielt, aus einem ebenen Spiegel gebildet wird, so dass man die Stellung dieses Drähtchens um 90° von der Ringebene genau zu gewinnen sucht. Jetzt beobachtet man die Stellung des Zeigers auf dem Horizontalkreise, lässt den zu messenden Strom durch den Leitungsdraht, dreht den Ring der ausweichenden Nadel nach, bis Ring und Nadel wieder in einer Verticalebene liegen, und liest am Horizontalkreise die nöthig gewesene Drehung ab. Der Sinus dieses Winkels giebt die verhältnissmässige Stromstärke.

Eine gute Sinusboussole herzustellen, hat seine grossen Schwierigkeiten. Deshalb wird die Tangentenboussole (s. d. Art.) vorgezogen. Hier bemerken wir nur, dass bei derselben der Versuch so eingerichtet wird, dass in obigen Formeln nicht x, sondern $a = 0$ wird. Wir erhalten dann $s : s_1 = \frac{sin\,x}{cos\,x} : \frac{sin\,x_1}{cos\,x_1} = tgs\,x : tgs\,x_1$. Die Messung könnte man auch so ausführen, dass $x = a$ würde, in welchem Falle wir $s : s_1 = \frac{sin\,2x}{cos\,x} = \frac{sin\,2x_1}{cos\,x_1} = sin\;x : sin\;x_1$ erhielten.

Es würde indessen hier die Beobachtungsmethode nicht einfach genug werden.

Zur Messung der absoluten Stromstärke dient das Voltameter (s. d. Art.). Ist die Richtungskraft des Erdmagnetismus $= m$ bekannt, so erhält man bei der Sinusboussole $s = m \cdot \sin a$, bei der Tangentenboussole $s = m \cdot tg\, x$ und im letzten Falle $s = 2m \cdot \sin x$.

Sinuselectrometer nennt Kohlrausch eine Abänderung eines Electroskopes, welches Peltier angegeben hatte. Wir müssen hier auf Poggendorff's Annalen Bd. 88. S. 497 verweisen, wo Kohlrausch die Theorie des Instrumentes und die genaue Beschreibung geliefert hat.

Sirene hat Cagniard de la Tour einen Apparat genannt zur directen Zählung der Schwingungszahl eines Tones. Diese Sirene besteht aus einer cylindrischen Büchse von 2 bis 3 Zoll Durchmesser und etwa 1 Zoll Höhe, von welcher unten in der Mitte der Bodenplatte eine Röhre ausgeht, vermittelst welcher dieselbe auf einen Windkasten gesetzt wird, um so comprimirte Luft einführen zu können. Die obere Platte der Büchse ist durch eine bestimmte Anzahl von Löchern, welche auf dem Umfange eines Kreises liegen, durchbohrt. Diese Löcher stehen alle gleich weit von einander ab und haben alle eine gleich geneigte schiefe Richtung. Unmittelbar über dieser durchlöcherten Platte befindet sich eine zweite Platte, welche sich möglichst leicht um den Mittelpunkt des Kreises drehen lässt, in welchem die vorher genannten Löcher liegen, und enthält auf der Peripherie eines Kreises eben so viel Löcher, wie die erstere, so dass bei einer bestimmten Stellung je ein Loch der einen Platte auf ein Loch der anderen genau passt, bei einer anderen Stellung aber die Löcher der einen auf die geschlossenen Zwischenräume der anderen treffen. Die Löcher der zweiten Platte sind ebenfalls gegen die Fläche der Platte und unter sich gleich geneigt, aber so dass die Neigung mit derjenigen an der festen Platte einen Winkel (wo möglich einen rechten Winkel) bildet. Stehen die Platten so über einander, dass Loch auf Loch passt, und wird die Luft in der Büchse verdichtet, so will diese durch die Löcher der Deckplatte ausströmen, trifft auf die entgegengesetzt gerichteten Löcher der beweglichen Platte und setzt diese in Folge des dadurch veranlassten Anstosses in Bewegung. Nehmen wir an, dass sich in der drehbaren Platte nur ein einziges Loch und in der festen Platte deren 10 befinden, so wird während einer Umdrehung der Platte die Oeffnung 10mal geöffnet und 10mal geschlossen sein und mithin wird der Luftstrom 10mal durchgehen und 10mal unterbrochen. Macht die Platte in 1 oder $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ Secunde eine Umdrehung, so geschieht das Durchgehen und Unterbrechen des Luftstromes auch 10mal in dieser Zeit, und da bei jedem Wechsel eine Schwingung erzeugt wird, so erfolgen in 1 Secunde 20 oder 200 oder 2000 Schwingungen, und es werden diesen Schwingungen entsprechende Töne hörbar. Durch die 10 Oeffnungen in jeder Platte wird die Anzahl der Schwingungen nicht

verändert, sondern nur die Wirkung verzehnfacht. Anzahl, Gestalt und Grösse der Oeffnungen scheinen auf den Klang des Tones Einfluss zu haben. Mit der drehbaren Platte ist ein Zählapparat der Umdrehungen verbunden. Beobachtet man also die Anzahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit, so findet man die Schwingungszahl für 1 Secunde.

Eine Lochsirene hat A. Seebeck construirt, bestehend in einer dünnen Scheibe mit im Kreise gleich vertheilten Löchern. Die Scheibe wird in Umdrehung versetzt, was auf einer Schwungmaschine geschehen kann, und durch ein gegen die Löcher gehaltenes Rohr mit dem Munde oder durch ein Gebläse geblasen. Man kann in derselben Scheibe in concentrischen Kreisen Löcher in verschiedener Zahl anbringen und so z. B. den Dreiklang hervorbringen, indem man den Luftstrom schnell hinter einander auf die verschiedenen Kreise richtet.

F. Savart bediente sich bei seinen Versuchen der Radsirene, die aus gezahnten Rädern besteht, die in mehr oder minder schnelle Umdrehung versetzt werden. Von den Zähnen lässt man ein eingeklemmtes Streifchen von Kartenpapier abschnappen. Eine solche Sirene lässt sich bei Rotationsversuchen auch benutzen, um aus dem gleich bleibenden Tone zu erkennen, dass die Rotationsgeschwindigkeit dieselbe bleibt.

Sirocco heisst in Italien der heisse, trockene Südwind, der wahrscheinlich eine Fortsetzung des aus der Sahara kommenden Samum ist. In Palermo lässt sich Niemand auf der Strasse sehen, wenn er weht.

Sirrab, s. Art. Sehrab.

Sismograph oder Seismometer, s. Art. Erdbebenmesser.

Sixthermometer heisst ein von Six erfundenes, jetzt noch bisweilen benutztes Thermometer, welches die Maxima und Minima angiebt. Bellani und Bunten, später auch Aimé, haben das Instrument zu verbessern gesucht. Das von dem Ersteren verbesserte Instrument besteht aus einem Weingeistthermometer, welches in der Mitte zu zwei parallelen Schenkeln umgebogen ist. An der Biegung erleidet der Weingeist eine Unterbrechung durch Quecksilber. In dem Weingeiste sind beiderseits vom Quecksilber schwach federnde, in Emailröhren eingeschlossene Stahldrähte, welche als Indices dienen. Diese werden vom Quecksilber aufwärts gerückt, bleiben aber im Weingeiste wegen der Reibung des Drahtes am Glase ruhen, wenn sich auch dieser neben ihnen bewegt. Der Index im ganz gefüllten Schenkel giebt das Minimum, der andere das Maximum der Temperatur. Das Instrument wurde namentlich in England gebraucht und lässt sich auch zum Messen der Temperaturen in den verschiedenen Tiefen des Meeres gebrauchen. Aimé's Thermometer ist als Umkehrungsthermometer (s. d. Art.) bekannt.

Skaphander nannte La Chapelle ein von ihm angegebenes Schwimmkleid.

Skiagraphie bedeutet Lehre von der Schattenconstruction.

Smee'sche Kette, s. Art. Grove'sche Kette.

Soggen, s. Art. Soogen.

Solano heisst in Spanien der in Italien Sirocco (s. d. Art.) genannte heisse Wind. — Bei den alten Römern bedeutete Solanus den Ostwind.

Solarlampe, Frankenstein'sche, s. Art. Lampe.

Solarlicht, d. h. sonnenähnliches Licht, wird das electrische Kohlenlicht (s. Art. Lichtbogen) genannt.

Solenoid oder electrodynamischer Cylinder, s. Art. Electrodynamik. A. S. 267.

Solfataren nennt man die Stellen in der Nähe von Vulcanen, an denen eine Entwickelung von Schwefelwasserstoff stattfindet. Vergl. Art. Fumarolen.

Solore nennt man einen kalten Wind, der unweit Saillans an der Drome aus einem Thale kommt und dem Laufe des Flusses folgt.

Solstitialpunkte, Sonnenwendepunkte, Wendepunkte, Sonnenstillstandspunkte, heissen die beiden Punkte der Ecliptik, welche von dem Aequator nördlich und südlich am weitesten abstehen. Der nördliche Punkt heisst der Sommerwendepunkt, der südliche der Winterwendepunkt. Beide liegen von den Durchschnittspunkten des Aequator und der Ecliptik, den Nachtgleichen, um 90° entfernt. Legt man durch beide Solstitialpunkte einen auf dem Aequator senkrecht stehenden grössten Kreis, so erhält man den Kolur der Sonnenwenden, während der grösste, durch die Nachtgleichenpunkte gehende Kreis der Kolur der Nachtgleichen genannt wird. Der Bogen des Kolur der Sonnenwenden zwischen Aequator und Ecliptik ist das Mass für die Schiefe der Ecliptik. Die beiden durch die Solstitialpunkte gehenden Parallelkreise heissen Wendekreise und zwar der nördliche der des Krebses, der südliche der des Steinbocks.

Die scheinbare tägliche und jährliche Bewegung der Sonne um die Erde vereinigt sich in einer Schraubenlinie, welche während des einen halben Jahres von dem Wendekreise des Steinbocks zu dem des Krebses links, während des andern von dem Wendekreise des Krebses zu dem des Steinbocks rechts gewunden ist. Am Pole erscheinen die Schraubengänge dem Horizonte parallel, da hier die Axe der Schraubenlinie lothrecht steht; am Aequator werden alle Schraubengänge von dem Horizonte halbirt, da die Axe horizontal liegt. Im Laufe eines Jahres liegen am Aequator sieben Schraubengänge mehr auf der Nordseite als auf der Südseite in Folge der ungleichmässigen Geschwindigkeit der Erde bei ihrem Laufe um die Sonne. Zwischen dem Aequator und den Polen liegen die Schraubengänge schief gegen den Horizont und nur zur Zeit der Nachtgleichen werden dieselben von dem Horizonte halbirt. Wegen der Bedeutung dieser Verhältnisse auf das mathematische Klima s. Art. Klima und Zone. Hier bemerken wir nur noch, dass der um

7 Tage längere Aufenthalt der Sonne über der Nordhälfte der Erde dadurch in seiner Wirkung ausgeglichen wird, dass sich die Erde während des kürzeren südlichen Sommers der Sonne mehr nähert, worauf schon Lambert hingewiesen hat.

Solstitium, Sonnenwende, ist der Augenblick, in welchem sich die Sonne in einem Solstitialpunkte (s. d. Art.) befindet.

Sommer, s. Art. Jahreszeiten.

Sommersolstitialpunkt
Sommersolstitium
Sommerwendepunkt } s. Art. Solstitialpunkt und Solstitium.

Somnambül, s. Art. Mesmerismus.

Sonde, s. Art. Bathometer.

Sonne, die, welche Copernicus die Weltleuchte und Theon von Smyrna das Herz des Universums nennt, ist der Fixstern (s. d. Art.), welcher das Centrum unseres Planetensystems abgiebt (s. Art. Planeten) und unserer Erde als Quelle des Lichtes und der Wärme Leben spendet. Die Alten verehrten die Sonne als Bild der Gottheit oder als Gottheit selbst, die Aegypter unter dem Namen Osiris, die Chaldäer als Baal, die Phönizier als Adonis, die Perser als Mithra, die Griechen als Apollon, die Römer als Sol. Die scheinbare Bewegung der Sonne (s. Art. Solstitialpunkte) für die wahre (s. Art. Planeten) nehmend, hielten die alten Astronomen die Sonne für einen Planeten und die Erde für einen feststehenden Weltenkörper. Wir wissen, dass die Sonne in dem Brennpunkte der dieselbe in elliptischen Bahnen umkreisenden Planeten und Kometen steht.

A. Der Abstand der Erde von der Sonne — und dies gilt auch für die übrigen Körper des Sonnensystems — ist wegen der elliptischen Bahn zu verschiedenen Zeiten verschieden und deshalb ist auch der scheinbare Durchmesser der Sonne nicht immer derselbe. Zur Zeit der Sonnennähe — also im Winter der nördlichen Erdhälfte — ist der scheinbare Durchmesser 32′ 34″,6, zur Zeit der Sonnenferne — also im Sommer der nördlichen Erdhälfte — 31′ 30″,1. Aristarch von Samos mass um 260 v. Chr. zur Zeit des ersten Mondviertels den Winkel, welchen die beiden Linien mit einander bilden, von denen die eine nach dem Mittelpunkte der Sonne, die andere nach dem Mittelpunkte des Mondes gerichtet war, und fand denselben 87 Grad gross. Daraus folgte, dass die Sonne 18- bis 20mal weiter von der Erde entfernt ist als der Mond. Wenn nun der Mond im Allgemeinen 51,000 Meilen oder 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt ist, so würde die Sonne ungefähr eine Million Meilen von der Erde abstehen. Nach Pythagoras nahm man damals die Entfernung des Mondes nur zu etwa 4000 Meilen an und dieser setzte sogar die Sonne nur zwei bis drei Mal weiter. Tycho de Brahe nahm die Entfernung der Sonne noch zu etwa

1142 Erdhalbmessern, also zu etwa einer Million Meilen an; Kepler setzte die Sonne in etwa 3 Millionen Meilen Abstand; Riccioli fand nach Aristarch's Methode mit Hilfe der zu seiner Zeit schon sehr vervollkommneten Instrumente (das Fernrohr war im Anfange des 17. Jahrh. erfunden) 5 bis 6 Millionen Meilen; Dominicus Cassini berechnete aus Beobachtungen Richer's am Planeten Mars vom Jahre 1671 die Parallaxe (s. d. Art.) dieses Planeten zu $25^1/_2$ Sec. und schloss daraus auf eine Parallaxe der Sonne von $9^1/_2$ Sec., also auf eine Entfernung derselben von 21712 Erdhalbmessern oder etwas über 18 Millionen Meilen; Lacaille fand aus der Parallaxe der Venus (1751) für die Sonne eine solche von $10^1/_4$ Sec.; Edmund Halley machte auf die Venusdurchgänge durch die Sonne als zu diesen Bestimmungen sehr gut brauchbar aufmerksam und 1761 und 1769, wo solche eintraten, benutzte man dieselben; Encke in Berlin berechnete aus diesen Beobachtungen 1825 die Parallaxe der Sonne zu $8^1/_2$ Sec. und ihre Entfernung zu 20682000 geogr. Meilen. Dies letzte Resultat galt als das zuverlässigste. Hansen in Gotha sprach sich indessen 1854 in Folge von Mondberechnungen dahin aus, dass die Entfernung etwa $^1/_{30}$ kleiner sein müsse; Airy stimmte 1859 bei; Le Verrier desgleichen in Folge einer Sonnenschwankung, die er bis auf $6^1/_2$ Sec. im Maximum bestimmte, und wegen der Störungen, welche Mars und Venus erleiden. Hansen's Ausspruch wurde ferner durch Beobachtungen am Mars (1862) bestätigt und endlich auch durch Foucault's Experimente über die Geschwindigkeit des Lichtes (s. Art. Licht) mit Zuhilfenahme des Aberrationscoefficienten (s. Art. Aberration). Die Entfernung der Sonne von der Erde ist also im Mittel 19992600 Meilen, was hoffentlich durch die 1874 und 1882 eintretenden Venusdurchgänge Bestätigung erhalten wird. — Der wahre Durchmesser der Sonne würde hiernach ungefähr 186300 geogr. Meilen betragen. An Volumen überwiegt die Sonne alle übrigen Körper ihres Systems etwa 600mal, an Masse etwa 740mal; die Erde an Volumen etwa 1400000mal, an Masse 360,000mal.

B. Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne sind in jüngster Zeit ganz andere Ansichten zur Geltung gekommen, als man bisher hatte. Einen bestimmten Anhalt gewann man überhaupt erst, als das Fernrohr eine genauere Beobachtung möglich machte. Der Ostfriese Johann Fabricius bemerkte 1611 zuerst — nicht der Jesuit Christoph Scheiner, Professor zu Ingolstadt — eigenthümliche Flecken auf der Sonnenscheibe. Diese Flecken verändern bei fortgesetzter Beobachtung ihre Gestalt und ihre Stelle auf der Sonne, sind bald grösser, bald kleiner, meist sehr unregelmässig und meist dunkelschwarz mit aschfarbenem Rande. Ein Flecken am Ostrande nähert sich in scheinbar beschleunigter Bewegung mit jedem Tage mehr der Mitte, rückt in scheinbar verzögerter Bewegung weiter zum Westrande und verschwindet dort



nach etwa 14tägiger Wanderung, tritt bisweilen 13 bis 14 Tage später wieder am Ostrande auf und wandert weiter; andere Flecken verschwinden, ehe sie die ganze Scheibe durchlaufen haben. Erscheint ein Flecken in der Mitte der Sonne ziemlich rund, so zeigt er sich in der Nähe des Randes gewöhnlich als Streifen etc. Diese Flecken sind nun nicht gleichmässig über die ganze Scheibe vertheilt, sondern zeigen sich vorzugsweise in einer Zone zu beiden Seiten des Aequators und nur ausnahmsweise in grösseren Breiten. Aus den Ortsveränderungen der Flecken und namentlich aus der Wiederkehr mancher derselben hat man auf eine Umdrehung der Sonne um ihre Axe geschlossen. Die Rotationsperiode beträgt 25 bis 26 Tage. Schwabe in Dessau, welcher nebst Spörer in Anclam und dem Engländer Carrington zu den fleissigsten Beobachtern der Sonnenflecken gehört, hat in der Anzahl derselben eine gewisse Regelmässigkeit wahrgenommen. Es zeigt sich eine Reihe von Jahren hindurch eine Zunahme und darauf wieder eine Abnahme der Fleckenzahl. Es umfasst diese Periode eine Zeit von 10 bis 11 Jahren — allerdings mit Schwankungen von 8 bis 12 Jahren —, denn die Jahre 1828, 1837, 1848, 1860 zeigten die grösste Menge und 1833, 1843, 1854 die geringste. Merkwürdig ist diese Periode geworden, weil sie mit einer gleichen in den Aeusserungen des Erdmagnetismus (s. Art. Magnetismus der Erde) zusammentrifft. Spörer hat das Vorhandensein von Stürmen auf der Sonne nachgewiesen und zwar für die Nähe des Aequators in westlicher und für die entfernteren Breiten in östlicher Richtung. Zwischen 6 Grad nördlicher und 6 Grad südlicher Breite scheint nur Westwind auf der Sonne zu herrschen; zwischen 6° bis 10° finden sich auf beiden Halbkugeln Ost- und Westwinde, und über 10° hinaus wurden nur Ostwinde bemerkt. — Ausser den Sonnenflecken hat man noch sogenannte Lichtadern und Sonnenfackeln wahrgenommen. Unter jenen versteht man nach allen Richtungen gehende leuchtende Furchen. Sie überziehen die Sonne beständig in unzählbarer Menge und Herschel verglich deshalb das Aussehen der Sonnenoberfläche mit dem einer Orangenschaale. Diese sind unabhängig von den Sonnenflecken mitunter auftretende Stellen, welche sich durch ihr intensives Licht vor den übrigen Theilen der Sonnenscheibe auszeichnen, sich übrigens in ihrer Bewegung über die Sonne hinweg wie die Flecken verhalten.

Da die Sonnenflecken dem Sonnenkörper selbst angehören, so hielt man sie anfangs für undurchsichtige Auswürfe von Sonnenvulcanen. Andere meinten, dass das die Sonne bedeckende Lichtmeer einer Art Ebbe und Fluth unterworfen sei, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, Theile des Sonnenbodens, oder sonst bedeckte Berge, blosgelegt würden. Cassini namentlich erklärte die schwarzen Kerne der Sonnenflecken als Berggipfel des dunklen Sonnenkörpers. Alex. Wilson in Glasgow machte 1769 darauf aufmerksam, dass bei in der Mitte der Sonne

rund erscheinenden Flecken, wenn sie am Rande als Streifen sich darstellten, der die dunkle Mitte des Fleckens umgebende aschfarbene Rand auf der gegen die Mitte der Sonnenscheibe zugewendeten Seite im Vergleich mit der entgegengesetzten Seite allmälig schmaler und schmaler werde. Hieraus folgerte Wilson, dass die Flecken trichterförmige Vertiefungen sein müssten, deren tiefste Stelle den dunklen Kern und deren schräge Seitenwände die mehr aschfarbene Umgebung (den Hof) bildeten. Bode in Berlin nahm an, dass zwischen der Lichthülle und dem Sonnenkörper noch eine wolkige Dunstschicht sich befinde. Seine Ansicht ging dahin: Entsteht in der Lichthülle (Photosphäre) allein eine Oeffnung und nicht zugleich in der trüberen unteren, von der Photosphäre sparsam erleuchteten Dunstschicht, so reflectirt diese ein sehr mässiges Licht gegen die Erdbewohner und es entsteht eine graue Penumbra (Halbschatten), ein blosser Hof ohne Kern. Erstreckt sich aber die Oeffnung durch beide Schichten (Licht- und Wolkenhülle) zugleich, so erscheint in der aschfarbenen Penumbra ein Kernflecken, welcher mehr oder weniger Schwärze zeigt, je nachdem die Oeffnung in der Oberfläche des Sonnenkörpers sandiges oder felsiges Erdreich oder Meere trifft. Der Hof, welcher den Kern umgiebt, ist ein Theil der äusseren Oberfläche der Dunstschicht. Diese Ansicht nahm William Herschel an, ging aber noch einen Schritt weiter und setzte zwischen die Dunsthülle und den dunklen Sonnenkörper noch eine helle Luftatmosphäre, in welcher die dunklen oder wenigstens nur durch Reflex schwach erleuchteten Wolken etwa 70 bis 80 geogr. Meilen hoch schweben sollten. Diese Herschel'sche Ansicht, nach welcher Oeffnungen in beiden Sonnenhüllen, welche in derselben Richtung von der Sonne nach der Erde hin liegen, einen schwarzen Flecken ohne Halbschatten bilden sollen, sobald die Oeffnung in der Photosphäre kleiner sei als die in der dahinter liegenden wolkenähnlichen Schicht; hingegen einen von Halbschatten umgebenen dunklen Flecken, sobald jene Oeffnung grösser sei als diese, und endlich einen Flecken ohne schwarzen Kern bei nur einer Oeffnung in der Photosphäre, galt bis auf die neueste Zeit als die begründetste. Wir fügen nur noch hinzu, dass Arago die Lichtadern darauf zurück führte, dass in einem Fernrohre das Bild eines Sternes oder überhaupt eines sehr kleinen leuchtenden Punktes mit einer zahlreichen Reihe von Ringen umgeben scheint, und er nun annahm, dass die den Lichtadern zu Grunde liegenden Stellen ebenfalls Ringbilder geben, ferner dass er die Sonnenfackeln als leuchtende Gasmassen von umgrenzter Ausdehnung auffasste, welche unter einem schiefen Winkel gesehen heller strahlten.

Herschel's und Bode's Ansicht gegenüber, die sich auf Wilson's Beobachtung, die sich jedoch neuerdings nicht bestätigt, gründete, kann man das Bedenken nicht unterdrücken, dass das Zerreissen der Photosphäre mit den Ortsveränderungen der Flecken und der oft grossen Beständigkeit derselben in ihrer Gestalt schwer in Einklang zu bringen

sein dürfte. Aber es sind noch andere Momente zur Geltung gekommen. Die totale Sonnenfinsterniss 1842 lenkte die Aufmerksamkeit auf die Protuberanzen (s. d. Art.). Die ebenfalls totale Sonnenfinsterniss von 1860 brachte es zur Entscheidung, dass diese Protuberanzen wolkenartige Niederschläge in den niederen Theilen der Sonnenatmosphäre sein müssen, die geringere Temperatur und Leuchtkraft als der Sonnenkörper selbst besitzen und sich bei starker Blendung auf der Sonnenscheibe als schwarze Flecken projiciren. Hiernach haben die Sonnenflecke — denn an dem Zusammenhange der Protuberanzen mit diesen ist nicht zu zweifeln — ihre Stelle in der äusseren Sonnenatmosphäre und die innere, die Flecken bildende Atmosphäre ist somit nicht mehr annehmbar. — Hierzu kam 1857 der Aufschluss über das Wesen der Sonne durch die Spectralanalyse (s. d. Art.), nach welcher der Kern der Sonne nicht dunkel sein kann, sondern sich in einem festen oder flüssigen weissglühenden Zustande befinden muss. Die besondere Photosphäre ist somit ebenfalls nicht mehr haltbar. Die Sonne befindet sich demnach in einem Zustande, welchen unsere Erde ebenfalls durchgemacht hat, und es ist anzunehmen, dass die Sonne ebenfalls einen solchen Entwickelungsgang wie unsere Erde wird durchmachen müssen.

In Betreff der Sonnenflecken sagt Kirchhoff: „In der Atmosphäre der Sonne müssen ähnliche Vorgänge stattfinden wie in der unsrigen; locale Temperaturerniedrigungen müssen dort wie hier Veranlassung zur Bildung von Wolken geben; nur werden die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den unserigen verschieden sein. Wenn eine Wolke sich dort gebildet hat, so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre abgekühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche der glühende Körper der Sonne ihnen zusendet, durch die Wolke entzogen wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter und grösser die Wolke ist, und dabei erheblicher für diejenigen Punkte, welche nahe über der Wolke liegen, als für die höheren. Eine Folge davon muss sein, dass die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben her anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glühhitze, sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines Sonnenfleckens. Aber auch noch in beträchtlicher Höhe über dieser Wolke findet Temperaturerniedrigung statt. Sind hier irgendwo durch die Tiefe der schon herrschenden Temperatur oder durch das Zusammentreffen zweier Luftströme die Dämpfe ihrem Condensationspunkte nahe gebracht, so wird diese Temperaturerniedrigung die Bildung einer zweiten Wolke bewirken, die weniger dicht ist als jene, weil in der Höhe der geringeren Temperatur wegen die Dichte der vorhandenen Dämpfe kleiner ist als in der Tiefe. Diese zweite theilweis durchsichtige Wolke wird, wenn sie hinreichende Ausdehnung gewonnen hat, den Halbschatten bilden.“ Die von Spörer nachgewiesenen Stürme auf der Sonne sind Beweise für Temperaturdifferenzen; auch hat Sacchi

nachgewiesen, dass die erwärmende Kraft der Sonne an ihren Polen geringer ist als am Aequator. Folglich sind die von Kirchhoff angenommenen Bedingungen für die Wolkenbildung wohl vorhanden. — Die Frage, woher die Sonne für die Wärme, welche sie fortwährend ausstrahlt (s. Art. Pyrheliometer), Ersatz erhalte, hat der Engländer Tyndall dadurch zu beantworten gesucht, dass fortwährend eine Menge von Meteorsteinen (s. Art. Feuerkugel) in die Sonne fallen möchten, die nach der mechanischen Wärmetheorie (s. Art. Aequivalent, mechanisches, der Wärmeeinheit) durch ihren Zusammenstoss mit der Sonne Wärme erzeugten. Den Einwand, dass dadurch die Sonnenmasse zunehme und in Folge dessen die Anziehungsverhältnisse zwischen der Sonne und den Planeten eine Aenderung erleiden würden, hat man durch eine Berechnung zu beseitigen gesucht, nach welcher erst nach 30 bis 60,000 Jahren der Sonnendurchmesser um die kleinste für uns wahrnehmbare Grösse vermehrt werden würde, wenn eine ausreichende Menge von Meteorsteinen die Sonne speise. Aber sind die Meteormassen in unerschöpflicher Menge vorhanden?

C. Die Sonnenflecken haben gezeigt, dass die Sonne eine Rotation um eine Axe besitzt, die, wie oben bemerkt ist, in 25 bis 26 Tagen einen Umlauf vollendet. Hier bemerken wir nur noch, dass die Umlaufszeit eines Sonnenflecken nicht die Rotationszeit der Sonne ist, da die Erde ihre Stelle auf ihrer Bahn in dem Sinne der Sonnenrotation verändert. Deshalb ist die Zeit eines Fleckenumlaufs grösser als die einer Sonnenrotation. — Die Bahnen der Sonnenflecken projiciren sich je nach der Breite auf der Sonne und nach der Stellung der Erde zur Sonne auf verschiedene Weise. Daraus ist es möglich geworden, den Sonnenäquator und die Sonnenpole zu bestimmen. Ecliptik und Sonnenäquator haben eine Neigung von 7° 9′ bis 7° 30′ zu einander.

Ausser der Rotation um eine Axe besitzt die Sonne auch eine fortschreitende Bewegung und zwar geht zur Zeit die Richtung derselben auf das Sternbild des Herkules zu. Vergl. Art. Fixsterne. S. 342.

Wegen des Sonnenlichtes vergl. Art. Photometrie. Nach H. E. Roscoe sind die chemischen Strahlen der Sonne 3- bis 5mal intensiver im Centrum als am Rande und nehmen in der Peripherie vom Südpole gegen den Nordpol ab. Vergl. Art. Sonnenwärme.

Sonnenäquator, s. Art. Sonne. C.

Sonnenbahn oder Ecliptik oder schiefer Kreis heisst der von dem Mittelpunkte der Sonne bei deren jährlichem Laufe am Himmel scheinbar beschriebene grösste Kreis. Wegen dieses scheinbaren Sonnenlaufes vergl. Art. Solstitialpunkte. Die Neigung dieses Kreises zu dem Aequator, die Schiefe der Ecliptik, beträgt ungefähr $23^1/_2{}^0$, ist aber nicht immer dieselbe, sondern nimmt periodisch innerhalb bestimmter Grenzen zu und ab. Jetzt findet eine Abnahme statt. Nach Encke betrug sie zu Berlin 1853 um 12 Uhr Mittags des 1. Januar

23° 27′ 30″,12. Die scheinbare Bewegung der Sonne ist eine Folge der wirklichen Bewegung der Erde in ihrer Bahn und entsteht dadurch, dass die Erdaxe auf der Ecliptik, das ist nämlich die Ebene der Erdbahn, nicht senkrecht steht, sondern unter dem obigen Winkel zu ihr geneigt ist (s. Art. Erde. S. 288).

Sonnenbild, prismatisches, s. Art. Spectrum.

Sonnencyclus, s. Schluss des Art. Schaltjahr.

Sonnenfackeln, s. Art. Sonne. B.

Sonnenferne oder Aphelium (s. d. Art.).

Sonnenfinsterniss entsteht, wenn der Mond eine solche Stellung zur Erde hat, dass er einem Theile der Erdbewohner den Anblick der Sonne ganz oder theilweis entzieht. Dies kann nur zur Zeit des Neumondes sein. Der Kernschatten des Mondes hat im Mittel eine Länge von etwa 50,000 Meilen, die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde ist aber 51,436 Meilen, während die grösste 54,831 und die kleinste 48,041 beträgt. Der Kernschatten des Mondes kann also zu Zeiten bis zur Erde reichen und muss dann auf dieselbe einen Schlagschatten (s. Art. Schatten) werfen. Ist dies der Fall, so werden alle in diesem Schlagschatten sich aufhaltenden Erdbewohner die Sonne gar nicht sehen, also eine totale Sonnenfinsterniss haben. Innerhalb des Halbschattens wird sich aber gleichzeitig eine partiale Sonnenfinsterniss zeigen, die um so grösser ausfallen muss, je näher der Beobachter an dem Kernschatten steht, während ausserhalb des Halbschattens gleichzeitig gar keine Sonnenfinsterniss wahrgenommen wird. Zu anderen Zeiten kann der Kernschatten gerade mit seiner Spitze bis zur Erde reichen. In diesem Falle hat man an allen Orten, welche der Reihe nach von der Spitze getroffen werden, eine nur einen Augenblick währende totale Sonnenfinsterniss, innerhalb des Halbschattens ist dieselbe aber wieder partial. Reicht endlich der Kernschatten gar nicht bis zur Erde, so ist die Finsterniss allenthalben im Halbschatten partial, an der Stelle jedoch, wo die den Mittelpunkt der Sonne und des Mondes verbindende gerade Linie hintrifft, wird man den Mond mitten vor der Sonne sehen, umgeben von einem hellen Reifen von allenthalben gleicher Breite. Eine solche Erscheinung nennt man eine centrale ringförmige Sonnenfinsterniss; ringförmig wird jedoch auch noch da die Sonnenfinsterniss genannt, wo man die ganze dunkle Mondscheibe vor der Sonne erblickt, umgeben von dem überstehenden hellen Theile der Sonne, wenn dieser auch nicht allenthalben von gleicher Breite ist. Dies ist in dem Raume der Fall, welcher in dem über die Spitze verlängert gedachten Kegelmantel des Kernschattens des Mondes liegt. Ausserhalb dieses Raumes zeigt sich im Halbschatten eine partiale Finsterniss. Der Mond zieht vor der Sonne vorüber wie eine Wolke. Daher ist jede Sonnenfinsterniss nur auf dem bestimmten Theile der Erdoberfläche sichtbar, wohin der Schatten trifft. Dadurch unterscheidet sich die Sonnen-



finsterniss wesentlich von der Mondfinsterniss (s. d. Art.). Für die ganze Erde sind zwar die Sonnenfinsternisse häufiger als die Mondfinsternisse, nämlich in 18 Jahren von jenen 40, von diesen 29; für einen bestimmten Ort sind sie aber seltener. Jeder Ort hat durchschnittlich nur alle zwei Jahre eine Sonnenfinsterniss und nur alle 200 Jahre etwa eine totale. Im Jahre 1887 am 19. August wird Berlin eine totale Sonnenfinsterniss haben. — Wegen der bei Sonnenfinsternissen auftretenden Protuberanzen s. diesen Artikel; desgl. vergl. Art. Corona.

Sonnenflecken, s. Art. Sonne. B.

Sonnenheber, s. Art. Heber. S. 440.

Sonnenjahr, s. Art. Jahr.

Sonnenlicht, s. Art. Sonne. C. und Photometrie.

Sonnenmikroskop, das, ist 1738 von Lieberkühn erfunden, jedoch hatte bereits 1710 Balthasaris in Erlangen die Theorie entwickelt. Stellt man einen Gegenstand ausserhalb der Brennweite einer Convexlinse auf, so erhält man hinter derselben (s. Art. Linsenglas. D.) ein physisches Bild, welches man auf einer Fläche auffangen kann. Je näher das Object dem Brennpunkte kommt, desto weiter entfernt sich der Ort des Bildes, dieses wird aber zugleich grösser, so dass man die Vergrösserung nach Belieben weit treiben kann. Da mit der Zunahme der Vergrösserung jedoch eine Lichtschwächung verbunden ist, so kommt es darauf an, das Object recht stark zu beleuchten, und dies erreichte Lieberkühn eben zuerst mittelst des Sonnenlichtes. Adams suchte 1771 die Beleuchtung mittelst einer Lampe zu gewinnen und construirte das sich nur dadurch wesentlich unterscheidende Lampenmikroskop (s. d. Art.), welches in neuerer Zeit durch Benutzung des Drummond'schen Lichtes als Hydrooxygengas-Mikroskop zu Schauvorstellungen vielfache Verwendung findet. Zu wissenschaftlichen Untersuchungen ist das Sonnenmikroskop nicht brauchbar. Charles hat dies Mikroskop 1780 unter dem Namen Megaskop zur vergrösserten Darstellung grösserer Körper abgeändert. Vergl. auch Art. Zauberlaterne und Mikroskop. 2. S. 126.

Sonnenmonat heisst der zwölfte Theil des tropischen Sonnenjahres. Vergl. Art. Jahr und Monat.

Sonnennähe oder Perihelium, s. Art. Aphelium.

Sonnenrauch, s. Art. Haarrauch.

Sonnenspectrum oder prismatisches Sonnenbild, s. Art. Spectrum.

Sonnenstäubchen nennt man in der Luft schwebenden und von dem Sonnenlichte beleuchteten Staub, wie man dies oft beobachtet, wenn durch eine Spalte Licht in einen finstern Raum dringt.

Sonnenstillstandspunkte, s. Art. Solstitialpunkte.

Sonnensystem, s. Art. Planeten. A.

Sonnentag, s. Art. Sonnenzeit.

Sonnenteleskop ist ein zu directer Beobachtung der Sonne eingerichtetes Fernrohr. Die Hauptsache sind Blendungen durch farbige Gläser.

Sonnenuhr, s. Art. Uhr. A.

Sonnenwärme ist die Wärme, welche von der Sonne als Quelle ausgeht. Die Quantität der zur Erde gelangenden Sonnenwärme zu bestimmen, haben Herschel, Pouillet und neuerdings O. Hagen Versuche angestellt, über welche die Artikel Aktinometer und Pyrheliometer nachzusehen sind. Nervander glaubte (1844) eine periodische Variation der Sonnenwärme gefunden zu haben. Buijs-Ballot fand darauf (1847), dass die Sonne eine wärmere und eine kältere Seite habe, und auch Althaus stimmt dem bei; Secchi hat nachgewiesen, dass die erwärmende Kraft der Sonne an ihren Polen geringer ist als am Aequator. Vergl. Art. Sonne. B. u. C.

Sonnenwenden
Sonnenwendepunkte } s. Art. Solstitialpunkte.

Sonnenzeiger oder Sonnenuhr, s. Art. Uhr. A.

Sonnenzeit. Die scheinbare Bewegung der Sonne ist nicht völlig gleichförmig, weil in ihr nicht blos die Axendrehung, sondern auch die Bahnbewegung der Erde combinirt ist. Rechnet man nun von einer Culmination der Sonne bis zur nächsten einen Sonnentag, so sind diese Tage unter sich ungleich. Die hiernach bestimmte Zeit nennt man aber die wahre Sonnenzeit. Da sich nach solcher Zeit nicht im bürgerlichen Leben rechnen lässt, so hat man eine gleichförmig gehende Sonne gewissermassen angenommen, so dass alle Tage gleiche Länge erhalten, und diese von unseren Uhren angezeigte Zeit nennt man die mittlere Sonnenzeit. Diese mittlere Sonne müsste fortwährend in der Ebene des Aequators einen Kreis gleichförmig durchlaufen. Vergl. Art. Mittag.

Sonntagsbuchstabe giebt den Buchstaben des ersten Sonntags im Jahre an, wenn alle Tage des Jahres vom ersten bis zum letzten mit *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *B* etc. bezeichnet werden. Ein Schaltjahr hat zwei Sonntagsbuchstaben, da der Schalttag jedesmal mit *F* bezeichnet wird, und in der Reihe der Jahre springt daher nach jedem Schaltjahre der Sonntagsbuchstabe um 2 Buchstaben zurück, während dies sonst nur um einen Buchstaben geschieht. Nach Verlauf von 28 Jahren (Sonnencyclus) fallen dieselben Monatstage auf dieselben Wochentage.

Sonometer, d. h. Schallmessapparat, s. Art. Monochord.

Soogen oder soggen nennt man die Gewinnung des Kochsalzes durch Eindampfen der gahren, d. h. der concentrirten Soole.

Soole oder Salzsoole, s. Art. Salzquelle.

Soolspindel
Soolwaage } s. Art. Aräometer. S. 41.

Soren, die sieben, heissen die sieben Wochen zwischen Ostern und Pfingsten, so genannt von aussoren, d. h. austrocknen. Im nördlichen Deutschland herrscht um diese Zeit meist ein trockener Ostwind.

Spake nennt man einen hölzernen, mit der Hand regierbaren Hebebaum. Bei den Seeleuten heissen die Spaken für das Brat- und Gangspill namentlich Handspaken oder Spillspaken.

Spaltenhöhlen sind mehr oder weniger weit klaffende, oben geschlossene Spalten und Klüfte zwischen fast parallelen Seitenwänden. Die Erstreckung nach Länge und Tiefe ist bisweilen bedeutend. Es gehören hierher die grösseren Drusenhöhlen der Erzgänge. Eine der schönsten Spaltenhöhlen soll die Eldonhöhle im Peakgebirge in England sein.

Spannkraft, s. Art. Elasticität.

Spannung oder Tension bezeichnet den Zustand, in welchen ein Körper durch spannende Kräfte versetzt ist, z. B. luftförmige Körper durch die Wärme (vergl. Art. Expansion), eine Kette durch angegehängte Gewichte (s. Art. Elasticität) etc.

Spannungsreihe, galvanische oder electrische, s. Art. Galvanismus. A. S. 364.

Spannungsreihe, thermoelectrische, s. Art. Thermoelectricität. B.

Spargiren oder spreitzen, s. Art. Mesmerismus.

Specifisch, s. Art. Absolut. Vergl. überdies die Artikel, welche die nähere Bezeichnung ausdrücken, z. B. Art. Gewicht, specifisches etc.

Spectralanalyse, die, wurde 1857 von Bunsen und Kirchhoff zu Heidelberg entdeckt — (geschichtliche Notizen finden sich in Poggendorff's Annalen Bd. 118. S. 94, siehe auch Art. Absorption) — und besteht darin, dass das prismatische Sonnenbild (s. Art. Spectrum) für jeden Stoff ganz bestimmte Modificationen darbietet, wenn es durch Flammen, d. h. durch glühende Gase, erzeugt wird, welche verschiedene Stoffe enthalten. Das Spectrum ist dadurch zu einem der feinsten chemischen Reagentien geworden und hat uns selbst Aufschluss über die in der Sonnenatmosphäre vorhandenen Stoffe gegeben. Der wesentlichste Punkt besteht hierbei in Folgendem.

Untersucht man das Spectrum eines weissglühenden festen oder flüssigen Körpers, so findet man dies in seiner ganzen Erstreckung ohne Unterbrechung; ein Stoff hingegen, welcher im luftförmigen Zustande glüht, giebt ein aus vereinzelten hellen Linien bestehendes Spectrum. Das Spectrum z. B. des glühenden Natriumdampfes besteht aus einer einzigen gelben Linie, das des Lithiums ebenso aus einer einzigen intensiv rothen Linie, das des glühenden Strontiumdampfes aus mehreren rothen, einer orangefarbenen und einer blauen Linie. Der wichtige Punkt ist nun der, dass das Licht eines stark weissglühenden Körpers,

wenn es durch einen glühenden Stoff hindurchgeht, der sich im luftförmigen Zustande befindet, ein Spectrum liefert, welches genau an der Stelle durch dunkle Linien unterbrochen ist, an welcher der im luftförmigen Zustande glühende Stoff für sich allein helle Linien erzeugt haben würde. Das Sonnenlicht liefert ein durch zahlreiche dunkle Linien unterbrochenes Spectrum (s. Art. Linien, Fraunhofer'sche). Viele dieser Linien fallen genau mit denjenigen hellen Linien zusammen, welche das Spectrum verschiedener Stoffe liefert. Es ist dies z. B. mit der gelben Natriumlinie der Fall, ebenso mit den zahlreichen Linien des Eisenspectrums, des Magnesiumspectrums etc. Folglich muss man schliessen, dass der Kern der Sonne sich im festen oder flüssigen Zustande befindet und weissglühend ist, dass dieser weissglühende Kern von einer glühenden Atmosphäre (Gashülle) umgeben sei, in welcher sich verschiedene Stoffe im luftförmigen Zustande glühend befinden, und dass diese letzteren Stoffe dieselben sind, deren Flammenspectra aus hellen Linien bestehen, welche mit den Fraunhofer'schen Linien genau zusammentreffen. Auf diese Weise ist in der Sonnenatmosphäre z. B. ein Gehalt an Natrium, Kalium, Calcium, Eisen, Magnesium nachgewiesen, wahrscheinlich auch Chrom, Nickel, Barium, Kupfer, Zink; aber es fehlen entschieden Gold, Silber, Blei, Quecksilber, Zinn, Arsen, Lithium, Aluminium.

Dass das Auftreten der dunklen Linien nur beim Durchstrahlen von Gasen stattfindet, nicht aber beim Hindurchgehen des Lichtes durch Flüssigkeiten und feste Körper, heben wir nochmals hervor. Bis jetzt hat man nur eine Ausnahme in dem oxalsauren Chromoxyd-Kali gefunden. Die dunklen Linien im Sonnenspectrum scheinen durch Absorption (s. d. Art. B.) zu entstehen, so dass die fehlenden Strahlen von der Atmosphäre zurückgehalten worden wären. Damit scheint im Zusammenhange zu stehen, dass Brewster im Sonnenspectrum im Winter, ebenso des Morgens und Abends mehr Linien wahrgenommen hat, als bei hohem Sonnenstande.

Die das Spectrum einer mit Metallsalzen gefärbten Flamme charakterisirenden hellen Linien sind nur von dem in dem Salze enthaltenen Metalle abhängig; namentlich ist auch gleichgültig, welche Flamme damit gefärbt ist; ebenso zeigen sich dieselben, wenn man das Spectrum eines electrischen Funkens betrachtet, der zwischen Polen überspringt, die aus diesen Metallen gebildet sind. Lässt man nun durch farbige Flammen, in deren Spectren helle, scharfe Linien vorkommen, z. B. durch die mittelst Kochsalz gelb gefärbte Alkoholflamme, Strahlen von der Farbe dieser Linien hindurchgehen, so werden diese Strahlen durch Absorption so geschwächt, dass an der Stelle der hellen Linien dunkle auftreten, sobald hinter der Flamme eine Lichtquelle von hinreichender Intensität angebracht wird, in deren Spectrum diese Linien sonst fehlen. Es ist dies ein specieller Fall des von Kirchhoff aufgestellten Ge-

setzes, dass das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen für Licht für alle Körper bei ein und derselben Temperatur dasselbe ist. Unter Emissionsvermögen wird hier verstanden die Intensität der von den Körpern ausgesandten Strahlen irgend einer Gattung oder Farbe, und unter Absorptionsvermögen das Verhältniss der Intensität der absorbirten Strahlen zur Intensität der den Körper treffenden Strahlen eben derselben Gattung. Helle Streifen sind ein Beweis für ein Maximum des Emissionsvermögens, damit ist aber auch ein Maximum des Absorptionsvermögens verbunden. Deshalb wird von einer Flamme vorzugsweise das Licht absorbirt, welches die Flamme selbst ausgesandt hat, und wird nun von der Flamme mehr Licht absorbirt, als sie aussendet, so muss an der Stelle der vorher hellen Streifen jetzt eine Schwächung des Lichtes bemerkbar werden, wenigstens muss dieselbe dunkler sein, als wenn keine Flamme vorhanden wäre.

Wegen des zur Spectralanalyse erforderlichen Apparates s. den folgenden Artikel.

Spectrometer } **Spectroskop** } nennt man einen Apparat zur Untersuchung des Spectrums einer Flamme. Es giebt deren eine grosse Zahl. Auf einer mit drei Schraubenfüssen versehenen Säule von 9 bis 12 Zoll Höhe steht ein Prisma von Flintglas oder ein Hohlprisma von 60° brechendem Winkel, welches mit Schwefelkohlenstoff gefüllt ist, so dass die brechende Kante eine verticale Richtung hat. Unter der das Prisma tragenden Platte sind zwei Fernrohre in horizontaler Richtung drehbar so angebracht, dass die Rohraxen auf die Brechungsflächen des Prisma gerichtet sind. Denken wir uns zunächst statt der Fernrohre blose Röhren und die eine nur mit einer kleinen Oeffnung versehen, so lassen sich beide so stellen, dass ein durch diese kleine Oeffnung eintretender Lichtstrahl nach seinem Austreten auf der anderen brechenden Fläche des Prisma durch das andere Rohr geht. Nun ist die Ocularlinse des einen Fernrohres durch eine Platte ersetzt, in welcher ein aus zwei Messingschneiden gebildeter Spalt sich befindet, der in den ersten Brennpunkt der Objectivlinse eingestellt ist. Gewöhnlich sind die beiden Messingschneiden an zwei Platten, die durch eine Mikrometerschraube einander mehr oder weniger genähert werden können, um eine breitere oder schmalere Spalte herrichten zu können. Bringt man vor der Spalte die zu untersuchende Flamme so an, dass die Axe des Rohres durch die Flamme hindurchgeht und die aus dem Prisma austretenden Strahlen in das Fernrohr fallen, so erblickt man in diesem das Spectrum der Flamme und durch eine Drehung, welche man dem Prisma geben kann, kann man das ganze Spectrum durch das Gesichtsfeld des Fernrohres gehen lassen. Gewöhnlich überdeckt man das Prisma und die Objectivgläser, um kein Seitenlicht auf das Prisma gelangen zu lassen; die ersten Spectroskope waren deshalb sogar mit einem trapezförmigen Kasten versehen, in dessen Innerm das Prisma stand und an dessen beiden schiefen Seiten-

wänden die Rohre angebracht waren. Um Spectra von gefärbten Flammen zu erhalten, löst man die färbenden Metallsalze in Alkohol auf und verwendet diese alkoholische Lösung zur Speisung einer Flamme, oder man hält, wenn Gas zur Disposition steht, die Salze in die Flamme des Bunsen'schen Brenners (s. Art. Lampenofen) mittelst eines feinen Platindrahtes, dessen Ende zu einem kleinen Oehr gebogen ist.

Um vergleichende Versuche anstellen zu können, wird häufig ein drittes Rohr angebracht, welches in dem von dem Prisma abgewendeten Ende in einer Spalte eine feine Scala enthält, die sich in dem Prisma so spiegelt, dass das Spiegelbild im Fernrohre zugleich mit dem Spectrum erblickt wird. Um nun die Spectra der Flammen mit demjenigen des Sonnenlichtes zu vergleichen, erzeugt man zuerst ein Sonnenspectrum und bestimmt an der Scala die Lage der einzelnen festen Linien, und darauf beobachtet man das Flammenspectrum. Auch hat man Einrichtung getroffen, gleichzeitig zwei verschiedene Spectra zu beobachten. Diese zu vergleichenden Versuchen eingerichteten Apparate sind die eigentlichen Spectrometer.

Spectrum heisst das farbige Bild, welches man erhält, sobald ein Bündel weisser Sonnenstrahlen durch ein Prisma geht. Die dabei auftretenden Farben sind die 7 sogenannten Regenbogen- oder Spectralfarben: roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett, oder nur 6, wenn blos eine blaue Farbe hervorgehoben wird; eigentlich sind aber der Farben unzählige. Ueber die Herstellung des Sonnenspectrums s. Art. Farbe. — In dem Sonnenspectrum erblickt man im Dunkeln durch ein achromatisches Fernrohr eine Menge feiner Linien und Streifen, deren Lage sowohl von dem brechenden Winkel, als auch von dem Stoffe des Prisma unabhängig ist. Diese Linien heissen die Fraunhofer'schen (s. Art. Linien, Fraunhofer'sche). Wir bemerken hier noch, dass J. P. Cooke mittelst eines Apparates aus 9 Schwefelkohlenstoffprismen das Spectrum weiter aufgelöst hat, als es bis dahin möglich war — es zerfiel z. B. *D* in 9 einzelne und in einen nebeligen Streifen — und auch hier zeigte sich das Phänomen der Spectralanalyse (s. d. Art.). — Das Spectrum zeigt in Betreff der Fraunhofer'schen Linien eine Verschiedenheit nach der Lichtquelle. Das Spectrum des Sirius ist z. B. anders. Ebenso geben Lichtstrahlen, welche durch farbige Mittel hindurchgegangen sind, andere Spectra als das directe oder zerstreute Sonnenlicht, indem sie im Allgemeinen breitere dunkle Räume erzeugen. Ebenso treten in solchen Fällen Modificationen an den Fraunhofer'schen Linien auf. Farbige Dämpfe ganz gleicher Farbe — z. B. Bromdampf und Dampf von Wolframchlorid — verhalten sich nicht gleich in Betreff der Linien — z. B. Brom giebt sehr viele, Wolframchlorid gar keine —. Farblose Gase geben keine besonderen Linien. Wird die Gasschicht dicker oder auch bei derselben Dicke dichter, so vermehrt sich die Zahl der Linien. Noch auffallender

wird das Verhalten bei glühenden Gasen. Hierüber vergl. Art. Spectralanalyse.

Das Licht des Sonnenspectrums wirkt nicht blos leuchtend, sondern auch chemisch und wärmend. Namentlich in dem violetten Ende zeigen sich chemisch wirkende Kräfte, die nach dem rothen Ende zu immer schwächer werden, aber auch selbst jenseits des Violett in dem nicht leuchtenden Theile noch vorhanden sind. An dem rothen Ende und noch über dies hinaus macht sich vorzugsweise das Wärmevermögen geltend (s. Art. Fluorescenz). Man unterscheidet daher noch ultrarothe und ultraviolette Strahlen. Auf der chemischen Wirkung des Lichtes beruht die Photographie (s. d. Art.).

Speisepumpe heisst die bei Hochdruckmaschinen zur Füllung des Kessels angebrachte Druckpumpe, z. B. bei der Locomotive (siehe d. Art.).

Speiseregulator, s. Art. Schwimmer.

Sperrflasche, electrische, heisst eine von Cavallo angegebene electrische Flasche, welche die Ladung über 6 Wochen lang halten soll. Das Wesentliche beruht darauf, dass man den Ladungsdraht durch eine Glasröhre führt, welche sich in einer zweiten im Halse der Flasche angebrachten weiteren Glasröhre verschieben lässt. Ist der eingesetzte Ladungsdraht mit der innern Belegung in Berührung und wird geladen, so kann man denselben wieder isolirt herausziehen, so dass die Flasche geladen bleibt.

Sphäre im Sinne von Himmel, s. Art. Himmel.

Sphärische Abweichung, s. Art. Linsenglas. F. und Spiegel. B. a.

Sphärische Gläser } s. Art. Linsenglas.
Sphärische Linse }

Sphärische Spiegel sind von kugelförmiger Krümmung; s. Art. Spiegel.

Sphäroidaler Zustand, s. Art. Leidenfrost'sches Phänomen. Berger bezeichnet diesen Zustand als denjenigen, bei welchem dem Körper die Wärme durch seinen eigenen Dampf zugeleitet wird.

Sphärometer, das, heisst ein Apparat, der namentlich dazu dient, kleine Höhenunterschiede, z. B. die Dicke dünner ebener Platten, zu bestimmen. Der Hauptbestandtheil ist eine möglichst genau gearbeitete Mikrometerschraube, deren Gänge die Höhe von $1/2$ Millimeter haben und die sich in einer Mutter bewegt, welche mittelst dreier Füsse von gut gehärtetem Stahle, die in feine Spitzen auslaufen, auf einer horizontalen vollkommen ebenen Glasplatte aufgestellt ist.

Spiegel nennt man eine Fläche, welche das auffallende Licht vorzugsweise reflectirt. Die Spiegelflächen sind entweder eben (plan) oder gekrümmt und die letzteren entweder erhaben (convex) oder hohl (concav). Die Krümmung kann sehr verschieden sein: kugel-

förmig, elliptisch, parabolisch etc. Kugelförmig gekrümmte Spiegel nennt man gewöhnlich sphärische. — Die Oberflächen ruhiger Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Quecksilber, bilden natürliche und zugleich horizontale Spiegel, ebenso findet man natürliche Spiegelflächen an vielen Krystallen; künstliche Spiegel verfertigt man gewöhnlich aus Glas oder Metall (s. Art. Metallspiegel, Amalgam und Versilberung).

A. Planspiegel. Das von einem leuchtenden Punkte auf einen ebenen Spiegel fallende Licht wird so reflectirt, als ob es von einem Punkte herkäme, welcher ebensoweit hinter dem Spiegel liegt, wie der leuchtende Punkt vor demselben. Dies Gesetz folgt unmittelbar aus den katoptrischen Grundgesetzen (s. Art. Katoptrik). — Eine nothwendige Folge hiervon ist wieder, dass von jedem Gegenstande, welcher Lichtstrahlen auf einen ebenen Spiegel wirft, hinter diesem ein Bild entsteht, welches sich ebenso weit hinter demselben, wie der Gegenstand vor demselben steht, zu befinden scheint und dem Gegenstande in jeder Beziehung gleicht, nur dass Rechts und Links verwechselt ist. Die Lage des Bildes zum Spiegel stimmt vollständig mit der des Gegenstandes zu demselben überein; der Spiegel halbirt daher den Winkel, welchen Bild und Gegenstand mit einander bilden. — Hierauf beruht die Benutzung ebener Spiegel im Guckkasten, als Fensterspiegel etc., auch erklärt sich daraus das umgekehrt stehende Spiegelbild von Gegenständen am Ufer ruhiger Gewässer. — Wenn Jemand in einen ebenen Spiegel sich ganz, d. h. vom Kopfe bis zu den Füssen betrachten will, so muss der Spiegel wenigstens halb so gross sein als die Person, sofern er dieser parallel steht. — Verändert sich die Entfernung des Gegenstandes von dem Spiegel, so verändert sich die Entfernung des Bildes von dem Gegenstande ebenfalls, aber um das Doppelte.

Steht ein Gegenstand zwischen zwei parallelen ebenen Spiegeln, so müssten in jedem derselben eigentlich unzählige Bilder und zwar abwechselnd von der Vorder- und Hinterseite des Gegenstandes entstehen. Da der Gegenstand einen Theil der reflectirten Strahlen auffängt und nicht zu dem anderen Spiegel gelangen lässt, auch bei jeder Reflexion wegen der unvollkommenen Reflexion ein Theil des Lichtes verloren geht, so werden die entfernteren Bilder bald nicht mehr wahrnehmbar. Da in den Glasspiegeln nicht nur die amalgamirte Rückseite, sondern auch die vordere Glasfläche Licht reflectirt, so erklärt sich daraus auch, warum man bei sehr schrägem Hineinsehen nach dem von einem Gegenstande in dem Spiegel erzeugten Bilde, z. B. von einer Bleistiftspitze oder von einer Lichtflamme, nicht blos ein Bild erblickt. Es entsteht eine Reihe von Bildern, welche sich von dem Beobachter entfernen. Man hat dies zu benutzen gesucht, um aus dem Abstande der beiden ersten Bilder, den man der doppelten Glasdicke gleich annahm, die Glasdicke zu berechnen. Der Abstand dieser Bilder ist jedoch nach der Stelle des Auges verschieden und daher diese Methode nicht richtig.

Befindet sich ein Gegenstand zwischen zwei unter einem Winkel zu einander geneigten ebenen Spiegeln, so entsteht nur eine beschränkte Anzahl von Bildern. Die Bilder desselben Punktes liegen auf einem Kreise, dessen Mittelpunkt in der Durchschnittskante beider Spiegel sich befindet, und dessen Radius der Entfernung des Punktes von dieser Kante gleich kommt. Wegen der Anzahl der Bilder vergl. Art. Kaleidoskop, welches Instrument sich auf dieses Verhalten gründet.

Ist ein ebener Spiegel um eine Axe drehbar und befindet sich vor seiner spiegelnden Fläche ein Object in einer Entfernung von der Axe $= E$, so bewegt sich das Bild auf einem Kreise, dessen Mittelpunkt die Axe und dessen Halbmesser E ist, und der Winkel, welchen das Bild bei einer Drehung des Spiegels um n^0 durchläuft, beträgt das Doppelte, also $2n^0$. — Hiervon machte Wheatstone Anwendung, als er die Geschwindigkeit der Electricität in einem Drahte zu bestimmen suchte (s. Art. Lichteindruck), ebenso Foucault bei der experimentellen Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit (s. Art. Licht), ferner gründet sich hierauf, dass bei dem Sextanten (s. d. Art.) ein halber Grad des Limbus als ein ganzer Grad gerechnet wird.

B. Sphärische Spiegel. Bei sphärischen Spiegeln nennt man den Mittelpunkt der zugehörigen Kugel den geometrischen Mittelpunkt, die Mitte der Spiegelfläche den optischen Mittelpunkt, die durch den geometrischen und optischen Mittelpunkt gehende gerade Linie die Axe, jeden durch den geometrischen Mittelpunkt gehenden Strahl einen Hauptstrahl. — Sphärische Hohlspiegel nennt man auch Sammelspiegel und Convexspiegel Zerstreuungsspiegel.

a) Hohlspiegel. Ist ein sphärischer Hohlspiegel nur ein verhältnissmässig kleines Stück von der zugehörigen Kugel, so vereinigen sich alle von einem unendlich weit von dem Spiegel abstehenden leuchtenden Punkte auffallenden Strahlen in einem Punkte auf dem Hauptstrahle, welcher zwischen dem Spiegel und dem Mittelpunkte der Kugel in der Mitte liegt und Brennpunkt genannt wird. — Den Abstand des Brennpunktes von dem Spiegel nennt man die Brennweite des Spiegels und bezeichnet dieselbe gewöhnlich mit f (*focus*). Es ist also $f = {}^1/_2 r$. — Es folgt dies daraus, dass man alle auf den Spiegel fallenden Strahlen als unter sich parallel ansehen kann.

Strahlen, welche von einem beliebigen Punkte auf einen sphärischen Hohlspiegel fallen, vereinigen sich um so genauer in einem Punkte, ein je kleineres Stück der Spiegel von der Kugel ist. Bezeichnen wir die Entfernung des leuchtenden Punktes von dem Spiegel mit a, die des Punktes, in welchem sich die reflectirten Strahlen unter den angenommenen Verhältnissen ebenfalls auf dem Hauptstrahle schneiden, mit α, so ist $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{f}$, d. h. die Summe aus den reciproken (umgekehrten)

Werthen der beiden Vereinigungsweiten ist gleich dem reciproken Werthe der Brennweite. — Es folgt dies aus dem geometrischen Satze: Halbirt man in einem Dreiecke einen Winkel, so wird die gegenüberliegende Seite in dem Verhältnisse der Seiten geschnitten, welche den halbirten Winkel einschliessen. Ausserdem kann man unter den gemachten Voraussetzungen den einfallenden und reflectirten Strahl den Vereinigungsweiten gleich setzen.

Setzt man den Winkel, welchen das Einfallsloth — hier der Radius des Einfallspunktes — mit der Axe bildet, $= x$, so ergiebt sich allgemein der Abstand des Punktes, in welchem der reflectirte Strahl die Axe schneidet, $= \alpha = \frac{r^2 + 2\,(a - r)\,r\,.\cos x - (a - r)\,r}{r + 2\,(a - r)\cos x}$; also für einen möglichst kleinen Werth von x wird $\alpha = \frac{a\,r}{2a - r}$ und wenn a gegen r möglichst gross wird, $\alpha = \frac{1}{2}r = f$. — Die nicht völlige Vereinigung der reflectirten Strahlen in einem Punkte, sondern vielmehr in einem Raume, bezeichnet man als **sphärische Abweichung**.

Aus $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{f}$ oder $\alpha = \frac{f}{1 - \frac{f}{a}}$ ergiebt sich die Vereinigung der reflectirten Strahlen im Brennpunkte, wenn der leuchtende Punkt unendlich weit absteht; in unendlicher Entfernung, d. h. die Strahlen gehen parallel der Axe zurück, wenn der leuchtende Punkt im Brennpunkte steht; im geometrischen Mittelpunkte, wenn der leuchtende Punkt ebenda sich befindet; zwischen Brennpunkt und geometrischem Mittelpunkte, wenn der leuchtende Punkt entfernter ist als dieser Mittelpunkt und zwar um so näher dem Brennpunkte, je weiter ab der leuchtende Punkt steht; in grösserer Entfernung als der geometrische Mittelpunkt, wenn der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkte und diesem Mittelpunkte ist, und zwar in um so grösserer, je näher der leuchtende Punkt dem Brennpunkte rückt; hinter dem Spiegel, wenn der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkte und optischen Mittelpunkte steht, und zwar in um so grösserer, bis zu unendlicher Entfernung, je näher der leuchtende Punkt an den Brennpunkt rückt.

Geht das Licht von einem Gegenstande aus, so gelten unter den gemachten Einschränkungen für den zu jedem Punkte gehörigen Hauptstrahl dieselben Gesetze. Man kann daher für jeden Punkt des Gegenstandes den Vereinigungspunkt der reflectirten Strahlen auf dem Hauptstrahle finden, wenn man nur die Stelle ermittelt, an welcher der Strahl, welcher parallel der Axe auffällt und also durch den Brennpunkt reflectirt wird, den Hauptstrahl schneidet. Für den Ort des Bildes gelten dann dieselben Regeln, wie sie vorher für einen einzigen leuchtenden Punkt angegeben sind. Steht der Gegenstand weiter als der Brennpunkt

vor dem Spiegel ab, so entsteht durch die wirkliche Vereinigung der reflectirten Strahlen ein **physisches** Bild, welches umgekehrte Stellung hat in Bezug auf die Stellung des Gegenstandes und um so grösser wird, je weiter es absteht. In einem Abstande gleich dem des geometrischen Mittelpunktes sind Bild und Gegenstand von gleicher Grösse. Befindet sich hingegen der Gegenstand innerhalb der Brennweite, so entsteht ein **geometrisches**, nur durch scheinbare Vereinigung der reflectirten Strahlen erzeugtes, Bild hinter dem Spiegel in der Stellung des Gegenstandes und um so grösser, je weiter es von dem Spiegel absteht. Vergl. Art. **Bild**. — Von diesen Gesetzen macht man Anwendung bei den Brennspiegeln und Erleuchtungsspiegeln oder Reverberen; vergl. auch Art. **Fernrohr**. II.

Treffen die einfallenden Strahlen einen Hohlspiegel noch in einer Entfernung von dem Hauptstrahle, welche 4 bis 5° des Spiegels überschreitet, so bilden sich **Brennlinien** (s. d. Art.) und **Brennräume**.

b) **Convexspiegel**. Unter denselben Einschränkungen, welche bei den Hohlspiegeln gemacht sind, ist bei einem sphärischen Convexspiegel $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = -\frac{1}{f}$, wo $-f$ die **negative Brennweite** bezeichnet. Es werden nämlich, sobald der Spiegel nur ein verhältnissmässig kleines Stück von der zugehörigen Kugel ist, alle von einem unendlich weit von dem Spiegel abstehenden leuchtenden Punkte auffallenden Strahlen so reflectirt, als ob sie von einem Punkte auf dem Hauptstrahle ausgingen, welcher hinter dem Spiegel zwischen diesem und dem geometrischen Mittelpunkte in der Mitte liegt. — Die Vereinigungsweite α der reflectirten Strahlen wird hier stets negativ. Es entstehen daher nur geometrische Bilder, und diese befinden sich stets innerhalb der negativen Brennweite, haben dieselbe Stellung wie der Gegenstand, sind kleiner als dieser und rücken dem Brennpunkte um so näher — zugleich kleiner werdend —, je weiter der Gegenstand sich von dem Spiegel entfernt. — Eine Verwendung dieser Spiegel liefern die Landschaftsspiegel.

Die sphärischen Concavspiegel wirken wie Convexlinsen, die sphärischen Convexspiegel wie Concavlinsen (s. Art. **Linsenglas**). Hierbei heben wir hervor, dass die für sphärische Spiegel gefundenen Gesetze nur gelten, wenn eine einfache sphärisch gekrümmte Spiegelfläche vorliegt, z. B. bei Metallspiegeln. Glasspiegel wirken nur in dieser Weise, wenn die amalgamirte Fläche der freien Glasfläche parallel läuft, z. B. in Glaskugeln; ist hingegen die amalgamirte Fläche eben und die Glasfläche concav oder convex geschliffen, so wirken diese Spiegel nach den Gesetzen der Linsen.

C. **Nicht sphärische Spiegel**. a) Bei einem **elliptoidi-**



schen Spiegel vereinigen sich die von dem einen Brennpunkte ausgehenden Lichtstrahlen in dem anderen.

b) Bei einem paraboloidischen Spiegel werden von dem Brennpunkte ausgehende Lichtstrahlen genau parallel der Axe reflectirt und parallel der Axe auffallende vereinigen sich genau in dem Brennpunkte. — Daher eignen sich solche Spiegel vorzugsweise zu Brennspiegeln und zu Reverberen auf Leuchtthürmen.

c) Bei einem hyperboloidischen Spiegel werden die von dem Brennpunkte ausgehenden Strahlen so reflectirt, als ob sie aus dem Brennpunkte des zugehörigen entgegengesetzten Hyperboloides herkämen.

d) Wegen der Kegelspiegel und Cylinderspiegel s. die betreffenden Artikel. Ebenso verweisen wir auf Art. Chinesischer Spiegel.

Spiegel, Lieberkühn'scher, s. Art. Mikroskop. 1. S. 126.

Spiegel, Sömmering'scher, ist ein kleiner, erbsengrosser Stahlspiegel an Mikroskopen, gegen das Ocular unter 45° geneigt, zum Abzeichnen der vergrösserten Gegenstände.

Spiegelanemometer ist ein von Aimé angegebenes Instrument zur Bestimmung der Richtung des Wolkenzuges. Es besteht aus einer Spiegelscheibe, auf deren untere Seite vor dem Amalgamiren derselben mit dem Diamant zwei Reihen sich senkrecht schneidender Striche aufgetragen sind. Diese Scheibe wird in horizontaler Lage gedreht, bis die Bilder der Wolken sich parallel der einen Strichreihe fortbewegen. Die Richtung der Wolken erkennt man dann durch die Richtung der Striche zu der Stellung eines unter der Spiegelscheibe befindlichen Compasses.

Spiegelbarometer nennt Romershausen ein Heberbarometer (s. Art. Barometer), an welchem zur genauen Ablesung seitwärts am Niveau des langen Schenkels ein kleiner Metallspiegel von etwa 1 Zoll Höhe unter 45° Neigung gegen die Niveaulinie und senkrecht zur Brettfläche angebracht ist. Auf der Spiegelfläche sind zwei feine sich senkrecht kreuzende Striche und auf diese wird das obere Niveau eingestellt. Am unteren Niveau wird abgelesen.

Spiegelbild, s. Art. Spiegel.

Spiegelkasten heisst ein Kasten mit unter einem Winkel oder parallel zu einanderstehenden Spiegelwänden.

Spiegelkreis ist ein nach Art des Sextanten (s. d. Art.) eingerichteter Vollkreis.

Spiegelmikroskop oder katoptrisches Mikroskop heisst ein Mikroskop (s. d. Art. S. 127.), bei welchem die mikroskopische Linse durch einen Hohlspiegel vertreten wird. Amici hat die besten derartigen Mikroskope geliefert.

Spiegel- { **Octant** / **Quadrant** / **Sextant** } s. Art. Sextant.

Spiegelstereoskop ist die ursprüngliche von Wheatstone angegebene Einrichtung des Stereoskopes (s. d. Art.) mittelst zweier senkrecht zu einander und unter 45° zu den Bildern geneigter Spiegel.

Spiegelteleskop oder katoptrisches Fernrohr, s. Art. Fernrohr. II.

Spiegelung, s. Art. Katoptrik und Spiegel.

Spiegelversuch Fresnel's, s. Art. Interferenz. B. b. S. 504.

Spiegelzimmer heisst ein Zimmer mit einander gegenüberstehenden grossen Spiegeln oder ganzen Spiegelwänden. Ein Spiegelzimmer als Toilettenzimmer muss an einander nahe gegenüberstehenden Wänden grosse Spiegel haben, welche nicht genau parallel zu einander stehen, damit die Bilder der Vorder- und Hinterseite nicht auf einander fallen.

Spillenhaspel / **Spillrad** } s. Art. Haspel.

Spindel oder Schraubenspindel, s. Art. Schraube. Oft gilt Spindel als gleichbedeutend mit Spille, s. Art. Haspel. Bei Göpeln (s. d. Art.) heisst die um ihre Axe drehbare Säule, an welcher die Hebelarme angebracht sind, Spindel oder Spindelbaum.

Spindelrad oder Spillrad, s. Art. Haspel.

Spinne, electrische, heisst eine electrische Spielerei, welche darin besteht, dass man eine an einem seidenen Faden hängende Kork- oder Hollundermarkkugel zwischen den Conductor einer Electrisirmaschine und einen mit der Erde oder mit dem anderen Conductor in leitender Verbindung stehenden Leiter bringt. Auch stellt man den Versuch so an, dass man von der äusseren Belegung einer electrischen Flasche einen in eine Kugel endenden Draht ausgehen lässt, so dass die Kugel in einer Entfernung von der Ladekugel sich befindet, die etwas grösser als die Schlagweite ist, und nun die Korkkugel zwischen diese beiden Kugeln bringt. Die Korkkugel fliegt zwischen dem Conductor und Leiter oder zwischen den beiden Kugeln der electrischen Flasche hin und her und zwar im ersten Falle wie bei dem Puppentanze (s. d. Art.), in dem anderen, weil die Flasche (s. Art. Flasche, electrische) nach und nach entladen wird. Der Korkkugel giebt man gewöhnlich die Gestalt einer Spinne und daher kommt der Name.

Spirale von Elias heisst die beim Magnetisiren (s. d. Art.) des Stahles mittelst des electrischen Stromes in Verwendung kommende Kupferdrahtrolle.

Spirale Hare's, s. Art. Deflagrator.

Spiralfeder heisst bei den Taschenuhren (s. Art. Uhr. C.) die

spiralartig gewundene haarfeine Stahlfeder, welche die Schwingungen der Unruhe erzeugt und regulirt.

Spiralpumpe heisst eine 1746 von dem Zinngiesser Andreas Wirtz aus Zürich erfundene Wasserhebungsmaschine, deren wesentlichster Theil ein spiralförmiges, in einen Schöpftrichter endigendes Rohr ist, welches in zehn Windungen, die nach aussen weiter werden, in einer Ebene auf einer horizontalen Welle steht, so dass beim Umdrehen der Trichter bald Wasser, bald Luft schöpft. Die innerste Mündung mündet in die hohle Welle, die wasserdicht mit einem verticalen Steigrohre in Verbindung steht. Die Maschine hat sich wenig bewährt.

Spirituslampen d. h. Lampen, in welchen Spiritus als Brennmaterial verwendet wird, empfehlen sich wegen ihrer Bequemlichkeit und, da sie keinen Russ absetzen, wegen ihrer Reinlichkeit. Sie sind entweder von Glas mit einem durch den Hals gehenden vollen Dochte, oder mit doppeltem Luftzuge als sogenannte Berzelius'sche Lampen in Gebrauch.

Spitzbeutel, s. Art. Filtriren.

Spitzen, ihre Wirkung auf Electricität, s. Art. Electricität S. 262.

Spitzenanker nennt R. Böttger einen von ihm vorgeschlagenen Inductionsanker, an welchem das eine Drahtende in etwa 20 Spitzen aus ganz feinem übersilberten Kupferdraht endigt, während das andere in eine Kupferplatte ausläuft. Es entstehen bei Unterbrechung des inducirten Stroms (s. Art. Inductionsfunke) mehrere Funken.

Sporadisch, d. h. vereinzelt, z. B. sporadische Sternschnuppen; s. Art. Feuerkugel. S. 330.

Sprachgewölbe, s. Art. Flüstergallerien.

Sprachmaschine nennt man einen Mechanismus, durch welchen die Töne der menschlichen Stimme und auch Sprachlaute künstlich erzeugt werden sollen. Kempelen hat (1791) eine solche mittelst Zungenpfeifen construirt. Später versuchte dasselbe Robert Willis und darauf Faber (s. Poggendorff's Ann. Bd. 58. S. 175). Helmholtz ist es gelungen nachzuweisen, dass die verschiedene Klangfarbe der Vocale nur von den mitklingenden harmonischen Obertönen herrührt, dass namentlich ein anderer Vocal entsteht, je nachdem einer oder mehrere derselben stärker oder schwächer tönen.

Sprachrohr, bei den Seeleuten Rufer, heisst eine Röhre von Blech in der Form eines abgekürzten Kegels, dessen kleinere Oeffnung der Sprechende vor den Mund nimmt, während er die weitere einer entfernt stehenden Person zuwendet. Die Schallstrahlen gehen hier so fort, als ob sie von einer Kugeloberfläche herkämen, deren Mittelpunkt die Spitze des Kegels und deren Radius die Entfernung des Mundstücks von dieser sein würde. Gewöhnlich ist das Rohr 4 bis 6 Fuss lang mit Oeffnungen von 2 Zoll und 6 bis 10 Zoll; in England soll man die Länge

bis auf 24 Fuss getrieben haben. S. Morland hat 1670 zuerst das Sprachrohr in Anwendung gebracht. Durch ein Rohr von 18 bis 24 Fuss Länge soll eine starke Männerstimme bis auf 18000 Fuss vernehmbar werden. — S. Art. Schall. B.

Spratzen nennt man das schwammartige Auftreiben des Silbers, wenn es unter freiem Luftzutritte geschmolzen wird und erstarrt. Es ist dies eine Folge davon, dass der absorbirte Sauerstoff entweicht. Häufig wird dabei das Silber in feinen Kugeln herumgeschleudert.

Sprechmaschine, s. Art. Sprachmaschine.

Spreizen, s. Art. Mesmerismus.

Spring oder Springfluth oder Springzeit, s. Art. Ebbe.

Springbrunnen oder Fontaine heisst eine künstliche oder durch Benutzung localer Verhältnisse getroffene Vorrichtung, durch welche Wasser aus einer Oeffnung hervorgetrieben wird, so dass es in einem oder mehreren Strahlen emporspringt. Zu den natürlichen Springbrunnen gehören die artesischen Brunnen (s. Brunnen, artesische), zu den kleineren künstlichen der Heronsball (s. d. Art.), der Heronsbrunnen (s. d. Art.), der Springheber (s. Art. Heber. S. 439) etc.; grössere künstliche Springbrunnen werden entweder durch hydrostatischen Druck (s. Art. Hydrostatik. C.) in communicirenden Gefässen (s. d. Art.), von denen der niedrigere Schenkel mit der Sprungöffnung versehen ist, hervorgebracht, oder durch Spritzen, die stellenweis mit Dampf getrieben werden, erzeugt. Wegen der Röhrenmündung vergl. Art. Ausfluss. A. Für Springbrunnen mit hydrostatischem Drucke findet man nach Mariotte die Druckhöhe, welche der Sprunghöhe von h Fuss zugehört, wenn man zu dieser soviel Zolle hinzufügt, als Einheiten in der zweiten Potenz von $\frac{1}{5}h$ enthalten sind. — Den Strahl führt man gewöhnlich nicht genau lothrecht, weil sonst die niederfallenden Tropfen die aufsteigenden hemmen würden.

Springfluth, vergl. Art. Spring.

Springheber, s. Art. Heber. S. 439.

Springkölbchen nennt man auch die Bologneser Flaschen; s. Art. Flasche, Bologneser.

Springkraft oder Elasticität (s. d. Art.).

Springquellen sind namentlich die artesischen Brunnen (s. Art. Brunnen, artesische).

Springzeit, s. Art. Ebbe.

Spritze, s. Art. Feuerspritze. Hier heben wir noch mit Bezug auf Art. Pumpe. f. hervor, dass man auch rotirende Spritzen construirt hat und dass sich darunter namentlich die Repsold'schen effectvoll erwiesen haben. Im Wesentlichen kommt es darauf an, dass in einem kurzen, horizontal liegenden, cylinderartigen Raume, welcher unten eine als Saugröhre und oben eine als Steigröhre wirkende Röhre trägt,

sich zwei räderförmige Kolben befinden, die in einander greifen und sich entgegengesetzt drehen. Da von jedem der Kolben immer einer der wellenförmigen Zähne an die Wandung anschliesst, so treibt jeder Wasser in das Steigrohr. Leider ist viel Reibung und ausserdem hat die genügende Dichtung zwischen Wandung und Kolben Schwierigkeit.

Spritzflasche, s. Art. Heronsball.

Sprödigkeit, das Gegentheil von Zähigkeit (s. d. Art.), ist die Eigenschaft mancher starren Körper, vermöge deren sich dieselben trennen, sobald auch nur ein unbedeutender Versuch gemacht wird, die Theile in eine andere Lage zu bringen; z. B. Glasthränen (s. d. Art.).

Sprungkegel (*cône hydraulique*) hat Parrot einen Apparat genannt, um Schwankungen tropfbarer Flüssigkeiten anschaulich zu machen. Am leichtesten übersieht man das Wesentliche durch folgenden Versuch. Man drücke einen Trichter, dessen Rohrmündung man mit dem Finger verschliesst, mit der weiten Mündung in Wasser und lasse dann den Finger los. Es tritt alsdann aus der Trichterröhre ein kurzer Wasserstrahl hervor, weil das Wasser den bis dahin mit Luft erfüllten Raum des Trichters plötzlich einzunehmen sucht. Die conoidische Gestalt des Trichterrohres begünstigt die Wirkung, ist aber nicht wesentlich. Parrot erhielt mit einem conoidisch gestalteten Kegel von 12 Zoll Höhe, dessen untere Oeffnung $2^1/_2$ und obere $^1/_2$ Zoll betrug, einen Strahl von 15 Fuss Höhe.

Staar im Auge bezeichnet eine Augenkrankheit, die sich bis zur Blindheit steigern kann. Man unterscheidet den grauen, grünen und schwarzen Staar. Der graue Staar (*cataracta*) besteht in einer Trübung der Krystalllinse und wird gewöhnlich dadurch geheilt, dass man die Linse herauszieht, oder niederdrückt, oder zerstückelt und sie dann durch eine künstliche Linse in einer Staarbrille ersetzt. Der grüne Staar ist eine Verdunklung der gläsernen Feuchtigkeit. Der schwarze Staar (*amaurosis*) hat seinen Grund in einer Lähmung des Sehnerven oder Unempfindlichkeit der Retina und ist gewöhnlich unheilbar. Das Auge erscheint äusserlich gesund und klar, nur ist die Pupille stark erweitert und unbeweglich. Vergl. Art. Auge.

Staarbrille, s. Art. Brillen. S. 127.

Stab des Cabeo ist wie der Schwimmstab (s. d. Art.), welchen v. Wiebeking benutzte, ein Schwimmer zur Bestimmung der Flussgeschwindigkeit. Cabeo's Stab ist verhältnissmässig lang und zeigt durch seine schiefe Stellung, dass die Geschwindigkeit in verschiedenen Tiefen verschieden ist.

Staberad oder Staberrad heisst ein Schaufelrad, bei welchem die Schaufeln zwischen zwei Kränzen befestigt sind; den Gegensatz bilden die Strauberäder oder Strauberräder, deren Schaufeln auf

kurzen Armen aufsitzen, welche aus dem Radkranze radial hervorragen.

Stabil, s. Art. Labil.

Stabilität oder Standhaftigkeit bezeichnet die Kraft, mit welcher ein aus seiner Ruhelage gebrachter Körper dieselbe wieder zu gewinnen sucht. Je grösser diese Kraft oder der Widerstand, welchen der Körper den Veränderungen seiner Lage entgegensetzt, ist, desto grösser ist die Stabilität. Auf einer horizontalen Ebene stehende Körper haben eine um so grössere Stabilität, je grösser die Unterstützungsfläche ist und je tiefer ihr Schwerpunkt liegt. Soll ein Körper umgeworfen werden, so gehört eine um so grössere Kraft dazu, je niedriger sein Schwerpunkt liegt, je weiter dieser von der Umwerfungskante absteht, und in je kleinerer Entfernung von der Kante die zum Umwerfen verwendete Kraft angebracht wird, d. h. je kleiner das Perpendikel von der Kante auf die Richtung der Kraft ist. — Wegen der Stabilität der Schiffe und schwimmender Körper überhaupt s. Art. Metacentrum und Hydrostatik. E. S. 475.

Stäbchen im Auge, s. im Art. Auge auf S. 51 Retina.

Stärke einer Kraft, s. Art. Intensität.

Stahl, s. Art. Eisen. S. 250.

Stahlharmonika ist ähnlich der Strohfiddel (s. d. Art.), nur dass die Stahlstäbe an einem Gestelle angehängt werden.

Stahlwasser, s. Art. Quelle. D.

Standard so viel wie Normalmass.

Standfestigkeit, s. Art. Stabilität.

Stange, gezahnte, s. Art. Räderwerk. B.

Stangenzirkel, dioptrischer, heisst ein Comparateur (s. d. Art.), welcher zwei parallel stehende Mikroskope enthält, die an einem messingenen Stabe vermittelst Hülsen, wie die Spitzen eines Stangenzirkels, verschiebbar sind. Im Brennpunkte der Mikroskope ist ein Querfaden, welcher durch eine Mikrometerschraube verschoben werden kann.

Stanniol oder Zinnfolie ist zu dünnen Blättern ausgewalztes Zinn.

Starrheit bezeichnet den festen Aggregatzustand (s. Art. Aggregatsformen). Es dürfte sogar besser sein, die sogenannten festen Körper starre zu nennen, da man noch verschiedene Grade der Festigkeit unterscheidet.

Statik im Allgemeinen ist die Lehre von den Gleichgewichtsgesetzen der Körper (s. Art. Mechanik). Sind die Bedingungen des Gleichgewichts nicht erfüllt, so tritt Bewegung ein. Davon handelt von dem rein mathematischen Standpunkte aus Art. Bewegungslehre und da ist auch unter VI. S. 103 vom Gleichgewichte die Rede. Mit Rücksicht auf den Aggregatzustand der Körper unterscheidet man 1) Statik starrer

Körper oder Geostatik, über welche die besonderen Artikel, welche die einfachen Maschinen (s. Art. Maschine) behandeln, nachzusehen sind; 2) Statik tropfbarflüssiger Körper oder Hydrostatik (s. d. Art.) und 3) Statik luftförmigflüssiger Körper oder Aerostatik, worüber Art. Hydrostatik. F. S. 476 Auskunft giebt. Vergl. auch Art. Schwere. G.

Staub, s. Art. Adhäriren wegen des Anhaftens desselben an Wänden. Wegen der Erscheinung des Passatstaubes s. Art. Passatstaub.

Staubbilder, s. Art. Figuren, electrische. S. 336.

Staubbrillen sind Brillen mit dünnen, hellen, parallelflächigen Gläsern, welche die Bilder im Auge nicht ändern, aber so gefasst sind, dass sie das Auge gegen Staub oder sonstige, dasselbe verletzende Körper schützen. Für reizbare Augen wendet man auch grüne und bläuliche Gläser an.

Staubfiguren, s. Art. Figuren, electrische.

Staubregen nennt man gewöhnlich einen sehr feinen Regen, bei welchem die Regentropfen sich durch ihre geringe Grösse auszeichnen. Andererseits bezeichnet man auch als Staubregen einen Regen, bei welchem das niederfallende Wasser in grösserer Menge in der Luft schwebenden Staub niederschlägt. Nach der Art dieses Staubniederschlages unterscheidet man Schwefelregen, Schlammregen etc., worüber die betreffenden Artikel das Nähere angeben. Eine geringe Menge Regen genügt, die Luft von Staub zu reinigen.

Staubschnee ist ein aus kleinen glänzenden Krystallblättchen oder Schneenadeln bestehender Schneefall. Häufig ist dabei ganz heiteres Wetter und Windstille. Die Erscheinung zeigt sich namentlich in höheren Breiten und ist dort bisweilen eine wahre Plage, da der feine Schnee die Augen angreift und durch die feinsten Ritzen in die Häuser eindringt.

Staubwolken bestehen aus Staub, welcher durch heftige Luftströmungen und besonders durch Wirbel emporgeführt ist.

Stauroskop heisst ein von v. Kobell angegebener kleiner Polarisationsapparat. Im Wesentlichen besteht derselbe aus einem kleinen schwarzen Glasspiegel als Polarisator, einer senkrecht zur Axe geschnittenen Kalkspathplatte und einem Turmalin als Analyseur in einer Fassung. Statt des Spiegels kann man auch eine zweite Turmalinplatte nehmen. Wegen der näheren Einrichtung s. Poggendorff's Annal. Bd. 95. S. 320. Hier bemerken wir nur, dass man zwischen dem Polarisator und der Kalkspathplatte beliebige Krystallblättchen einschalten kann, und dann die Drehung derselben aus einer bestimmten Stellung ermittelt, bis das schwarze Kreuz (— darauf bezieht sich der Name des Apparates —) des Kalkspathes in normaler Lage und Schwärze erscheint. Ist dies der Fall, so ist ein Hauptschnitt der eingeschalteten Platte mit der Schwingungsebene des vom Polarisator kommenden Lichtes parallel ge-

richtet. Der Apparat eignet sich also vorzugsweise, die Krystallisationsverhältnisse der Krystallblätter zu bestimmen. — Das Complementär-Stauroskop ist eine Verbindung des Stauroskops mit Haidinger's dichroskopischer Loupe, um die Complementärbilder des Stauroskops sehen zu können (s. Art. Dichroskopische Loupe).

Stechheber heisst eine gläserne oder blecherne Röhre von solcher Weite, dass man sie bequem durch ein gewöhnliches Spundloch eines Fasses stecken kann; die obere Mündung ist von solcher Grösse, dass sie mit einem Finger gesperrt werden kann, während die untere noch nicht eine Linie im Durchmesser hält. Steckt man die Röhre in eine Flüssigkeit, so füllt sie sich bis zu dem Niveau derselben nach dem Gesetze communicirender Gefässe (s. d. Art.); will man dieselbe noch weiter füllen, so saugt man an der oberen Mündung, so dass durch den äusseren Luftdruck noch mehr Flüssigkeit eingedrängt wird, und schliesst darauf schnell die Mündung mit dem Finger. Hebt man den so geschlossenen Stechheber aus der Flüssigkeit, so bleibt er gefüllt, weil während des Herausziehens etwas ausgeflossen ist, nun aber die in demselben befindliche Flüssigkeit nebst der etwas verdünnten Luft nicht stärker als die äussere Luft drücken. Oeffnet man die obere Oeffnung, so fliesst Flüssigkeit aus, weil nun die innere Luft der äusseren gleich wird und ausserdem von Innen noch die Flüssigkeit drückt. Schliesst man die Oeffnung wieder, so treten die früheren Verhältnisse wieder ein und das Ausfliessen hört auf. Man kann also eine beliebige Menge aus dem Stechheber ausfliessen lassen. Der Stechheber ist besonders zweckmässig zu verwenden, wo es sich darum handelt, aus einem Fasse eine Probe zu entnehmen. — Aehnlich ist die Pipette (s. d. Art.) für geringere Flüssigkeitsmengen, z. B. Tropfen.

Stehen bezeichnet das Beharren eines Körpers in seiner Stellung auf einer Unterlage. Bedingung des Nichtumfallens ist, dass die Falllinie in einen zur Unterstützung gehörigen Punkt oder in die Fläche trifft, welche man durch die geradlinige Verbindung der unterstützten Punkte erhält. Vergl. Art. Schwere. F. und Stabilität.

Steifigkeit der Seile nennt man den Widerstand, welchen gerade Seile der Biegung und gebogene der Streckung in die gerade Richtung entgegensetzen. Nach Eytelwein ist der Steifigkeitswiderstand $S = \frac{L \cdot d^2}{3500 \cdot r}$, wo r der Rollenhalbmesser in preussischen Fussen, d die Seilstärke in preussischen Linien und L — d. h. die an einem Seilende hängende Last — und S in gleichem, aber übrigens willkürlichem Gewichtsmasse ausgedrückt sind. Es ist also $S : S_1 = d^2 : d_1^2 = r_1 : r = L : L_1$ und allgemein $S : S_1 = \frac{L \cdot d^2}{r} : \frac{L_1 d_1^2}{r_1}$, d. h. der Widerstand wächst proportional mit den Querschnitten der Seile,

steht im umgekehrten Verhältnisse mit den Halbmessern der Rollen und im directen Verhältnisse mit den spannenden Gewichten. Neue Seile sind steifer als schon mehrfach gebrauchte.

Steigbügel im Ohr, s. Art. Ohr.

Steighöhe oder Geschwindigkeitshöhe (s. d. Art.). Wegen der Steighöhe in Haarröhrchen oder Capillarröhrchen s. Art. Haarröhrchenwirkung.

Steigkraft oder Auftrieb s. d. Art. und Hydrostatik. E. S. 475.

Steigrohr } s. Art. Druckpumpe.
Steigventil }

Steine im Sinne von Hagel (s. d. Art.).

Steine vom Himmel gefallen, s. Art. Feuerkugel.

Stein der Weisen ist die von den Alchimisten gesuchte Substanz, welche Metalle in Gold verwandeln und alle Krankheiten heilen sollte.

Steinfall, s. Art. Feuerkugel.

Steinhygrometer heisst ein von Lowitz (um 1780) angegebenes Hygrometer, welches sich auf die grosse hygroskopische Eigenschaft eines Schiefers gründete, welchen Lowitz der ältere 1772 bei Dmitriefsk an der Wolga gefunden hatte. Die Feuchtigkeitszunahme des Schiefers wurde durch eine Waage bestimmt.

Stellung, vortheilhafteste des Prisma, s. Art. Prisma. A. 2. S. 274.

Stereodynamik hat man für Dynamik fester Körper (s. Art. Dynamik) in Vorschlag gebracht; in gleicher Weise muss man dann statt Statik fester Körper Stereostatik sagen. Auch Geodynamik wird in gleichem Sinne gebraucht.

Stereometer heisst das von Say angegebene Volumenometer (s. d. Art.) zur Bestimmung des Volumens pulverförmiger Körper.

Stereoskop heisst ein von Wheatstone erfundener Apparat, durch welchen zwei Projectionen eines Körpers so zu einem einzigen Bilde vereint werden, dass dies die Vorstellung des Körpers als Körper gewährt. — Die Ansicht eines Körpers, welcher nicht zu weit entfernt ist, fällt verschieden aus, wenn man denselben blos mit dem rechten oder blos mit dem linken Auge betrachtet. Hat man nun Bilder dieser beiden Ansichten und ist man im Stande beide beim Anschauen zum Zusammenfallen zu bringen, so wird der Erfolg so sein, als ob beide Augen gleichzeitig auf den Körper selbst gerichtet wären, d. h. es wird die deutliche Vorstellung des Körperlichen hervorgerufen. Brücke, Prevost, Tourtual und Brewster haben gegen diese Ansicht Bedenken geäussert und geltend zu machen gesucht, dass der Erfolg dadurch bedingt werde, dass die Augenaxen ihre Richtung, je nachdem nähere oder entferntere Punkte fixirt würden, veränderten, und dass auch beim Stereoskope ein continuirliches Schwanken der Augenaxen die Vorstellung

des Körperlichen erzeuge. Dove bezweifelt dies, weil die oscillatorische Bewegung der Augenaxen in einer kürzeren Zeit als der millionste Theil einer Secunde ausgeführt werden müsste. Die beiden verschiedenen Projectionen sind zwar nicht das einzige Mittel, einen Körper als solchen zu erkennen, wie schon daraus hervorgeht, dass man mit einem Auge diesen Eindruck ebenfalls gewinnen kann, und dass den Malern dies Mittel ganz abgeht; aber wo die anderen Mittel oder Anhaltepunkte, z. B. Schattirung, Farbenton, Perspective etc., fehlen, bleibt dies doch allein übrig. Hat man eine blos perspectivische Zeichnung von einer abgestumpften Pyramide in Umrissen, so kann der Eindruck sowohl eines erhabenen, als vertieften Körpers entstehen je nach der Vorstellung, mit welcher wir betrachtend hinzutreten. Hieraus geht hervor, dass auch das Bewusstsein dessen, was wir sehen werden oder wollen, mit in Betracht kommt. Dies und die Erfahrung unterstützen jedenfalls auch den Einäugigen. Bei stereoskopischem Sehen kommt aber nur der Eindruck bei perspectivischen Zeichnungen in Umrissen zur Wahrnehmung, welchen die beiden Zeichnungen bestimmt erfordern; es tritt nur der geforderte Eindruck leichter hervor, wenn man mit dem entsprechenden Bewusstsein betrachtet. Das Zusammenfallen der beiden verschiedenen Ansichten eines Körpers ist jedenfalls ein wesentliches Hilfsmittel, Körper als solche aufzufassen, wobei die anderen Hilfsmittel indessen nicht ganz ausgeschlossen bleiben.

Wheatstone erreichte seinen Zweck mit Hilfe von zwei ebenen Spiegeln, die unter einem rechten Winkel oben zusammenstossen und mit den Spiegelflächen nach aussen liegen. Seitwärts von jedem Spiegel wurde eine Zeichnung aufgestellt, so dass die beiden Spiegelbilder in horizontaler Lage und in der Entfernung des deutlichen Sehens zwischen den beiden Spiegeln an derselben Stelle, also zusammenfallend, von oben her gesehen werden, als ob jedes Auge die ihm zukommende Projection des Körpers erblicke.

Nachdem Wheatstone das stereoskopische Sehen angeregt hatte, sind stereoskopische Apparate in Menge construirt worden. Wir verweisen deshalb auf Art. Prismenstereoskop. Am meisten Eingang hat Brewster's Linsenstereoskop gefunden. Die Deckung der beiden neben einander liegenden Bilder wird hier durch zwei Halblinsen hervorgebracht, welche als Prismen (s. d. Art.) von kleinen Winkeln wirken, während Dove Prismen von grossen Winkeln anwendet.

Photographien für Stereoskope werden so aufgenommen, dass der photographische Apparat bei Aufnahme des zweiten Bildes um $2^1/_4$ Zoll, d. h. um die Entfernung der beiden Augen von einander, in derselben Entfernung von dem Gegenstande seitlich aufgestellt wird, so dass jedes Bild die Projection des Gegenstandes für das eine und das andere Auge darstellt.

Für ferne Gegenstände hat Helmholtz ein Telestereoskop construirt, durch welches man Landschaftsbilder combinirt, die von etwa 4 Fuss auseinander liegenden Standpunkten gewonnen werden. In zwei grösseren etwa 4 Fuss von einander abstehenden Spiegeln spiegelt sich z. B. die Landschaft, die Bilder werden aber auf zwei kleine Spiegel reflectirt, wie in Wheatstone's Apparate.

Wer im Doppeltsehen geübt ist, kann selbst ohne Apparat zwei kleine stereoskopische Bilder zum Zusammenfallen bringen und erblickt dann die stereoskopische Ansicht zwischen den beiden einfachen Projectionen.

Zum stereoskopischen Sehen gehört auch die Erscheinung, dass, wenn zwei Personen mit auf einander gelegten Stirnen einander in die Augen sehen, für jeden die Augen des andern zuletzt in einem grossen Auge in der Mitte der Stirne zusammen gehen. Praktische Bedeutung hat das Stereoskop gewonnen durch Dove, welcher nachgewiesen hat, wie man mittelst desselben eine falsche Cassenanweisung von einer ächten unterscheiden, überhaupt zwei scheinbar gleiche Drucke als verschieden erkennen kann, wenn man beide gleichzeitig in das Stereoskop legt. Die geringsten Ungleichheiten markiren sich durch Heraustreten aus der Bildebene.

Sternhaufen, s. Art. Nebelflecke.

Sternlicht, s. Art. Fixsterne.

Sternnebel, s. Art. Nebelflecke.

Sternrad oder Stirnrad heisst ein Rad (s. Art. Räderwerk), dessen Zähne in der Verlängerung der Halbmesser des Rades liegen.

Sternrohr oder astronomisches Fernrohr, s. Art. Fernrohr. S. 319.

Sternschnuppen, s. Art. Feuerkugel.

Sternschnuppen-Asteroiden, s. Art. Asteroiden.

Sternschuss, s. Art. Feuerkugel.

Sterntag ist die Zeit, welche die Erde zur Umdrehung gebraucht von der Culmination eines Fixsternes oder des Frühlingspunktes bis zur nächsten Culmination desselben. Die Rechnung nach solchen Sterntagen giebt die Sternzeit.

Sternweite nennt man eine Entfernung von 4 Billionen Meilen. Es ist dies ungefähr, d. h. in runder Zahl, die Entfernung, in welcher der Halbmesser der Erdbahn unter einem Winkel von 1 Secunde erscheinen würde. Vergl. Art. Parallaxe.

Sternzeit, s. Art. Sterntag.

Stethoskop ist eine (1819) von Laennec angegebene akustische Vorrichtung zur Untersuchung namentlich der Brust. Ein Cylinder von hartem Holze, etwa 12 Zoll lang und $1^{1}/_{4}$ Zoll dick, an einem Ende flach und der Länge nach durchbohrt, macht das Ganze aus. Das eine Ende wird auf den kranken Körpertheil und das andere an das Ohr ge-

halten. Aus der Eigenthümlichkeit des vernommenen Geräusches, welches durch die Resonanz verstärkt ist, kann man auf das Vorhandensein innerer Höhlungen schliessen. Vergl. auch Art. Mikrophon.

Stetigkeit bezeichnet den Zusammenhang der Grössen ohne Unterbrechung und merkbaren Uebergang vom Kleineren zum Grösseren oder umgekehrt.

Steuercompass, s. Art. Compass.

Steuerexcentric, s. Art. Steuerung.

Steuerkasten, s. Art. Dampfkammer.

Steuerstange heisst die an dem Schieberventile (s. Art. Dampfmaschine. S. 191) angebrachte Stange, in welche die Excentricstangen (s. Art. Steuerung) eingreifen.

Steuerung bei Dampfmaschinen und dergleichen ist der Mechanismus, durch welchen von der Maschine selbst das rechtzeitige Verschieben der Ventile besorgt wird. Auf der Welle befindet sich ein Excentric (s. d. Art.), das sogenannte Steuerexcentric; in der rinnenförmigen Peripherie liegt ein metallener Ring, welcher an zwei diametral einander gegenüber liegenden Stellen zwei gitterartig verbundene Stangen, die Excentricstangen, hält; die Excentricstangen laufen zusammen und treten an diesem Ende in einem Gelenke an die Schiebestange des Ventils. Dreht sich die Welle, so wird das Excentric gewissermassen um die Welle geschleudert, so dass der grössere Theil desselben bald hinten, bald vorn, bald oben, bald unten liegt. Hierdurch werden die Excentricstangen in eine solche Bewegung versetzt, als ob sie an dem Zapfen einer Kurbel drehbar wären, da der Ring in dem Rande des Excentrics gleitet, und folglich muss die Schiebestange eine hin- und hergehende Bewegung erhalten. Es kommt hierbei darauf an, dass kurz vorher, ehe der Kolben seine höchste oder niedrigste Stellung einnimmt, je nachdem die Maschine rück- oder vorwärts gehen soll, das Excentric am weitesten von dem Cylinder abliegt, und dass der Mittelpunkt des Excentrics von der Axe der Welle gerade um die Hälfte der Verschiebung des Schiebeventils absteht.

Die beschriebene Steuerungsart ist die bei den Watt'schen Dampfmaschinen gebräuchliche; über andere Steuerungen, z. B. Steuerung mittelst des sogenannten Kataraktes, Hebelsteuerung mit Sperrklinke und Gegengewicht etc. einzugehen, würde hier zu weit führen, weshalb auf die bereits am Ende des Art. Dampfkessel citirte Schrift, „die Dampfmaschine" neben anderen technischen Werken verwiesen wird. Wegen der Steuerung der Locomotiven vergl. Art. Locomotive. S. 45, wo auch wegen der Umsteuerung das Nöthige zu finden ist.

Den Gedanken, der Maschine selbst die Steuerung zu übertragen, hat (1712) ein Knabe, Humphry Potter, welcher zur Besorgung der Steuerung (Hahndrehung) angestellt war, der das Geschäft aber zu langweilig fand, zuerst zur Ausführung gebracht.

Stich einer Farbe. Man sagt, „eine Farbe habe einen Stich", wenn die eine der Mischfarben sich noch besonders geltend macht: z. B. Grün hat einen Stich in Gelb oder in Blau, wenn Gelb oder Blau noch im Grün kenntlich ist. Vergl. Art. Farbe. S. 308 u. 309.

Stichröhre wird bisweilen beim Destilliren das Abkühlrohr genannt.

Stiefel nennt man auch die Kolbenröhre bei Luftpumpen und Pumpen überhaupt. S. beide Artikel.

Stimmbänder
Stimmritze } s. Art. Kehlkopf und Stimme.

Stimme. Das Organ der menschlichen Stimme ist der Kehlkopf (s. d. Art.), und zwar ist die Stimmritze der wesentlichste Theil. Bei Vergleichen mit musikalischen Instrumenten ist man auf Blasinstrumente gekommen, indem nur Verengerung und Erweiterung der Stimmritze, nicht aber Spannung der Stimmbänder auf Höhe und Tiefe der Töne Einfluss habe, ferner — Savart — auf Labialpfeife mit tönender Luftsäule, sogar — Ferrein — auf Saiteninstrumente, indem er die Stimmbänder mit Saiten, die von der Luft angesprochen werden, verglich; indessen ist der Vergleich mit einer membranösen Zungenpfeife — Biot, Cagniard de la Tour, Joh. Müller — wohl der passendste. Müller hat zahlreiche Versuche mit aus Kautschuckstreifen nachgebildeten Stimmritzen und mit ausgeschnittenen Kehlköpfen menschlicher Leichen angestellt. Hiernach geben die unteren Stimmbänder bei enger Stimmritze durch Anblasen von der Luftröhre aus reine und volle Töne, welche der menschlichen Stimme sehr nahe kommen. Bei gleicher Spannung der Stimmbänder hat aber die grössere oder geringere Enge der Stimmritze keinen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Tones; doch spricht der Ton bei weiter Stimmritze schwerer an und ist auch weniger klangvoll. Sind die Stimmbänder ungleich gespannt, so geben sie doch nur einen Ton und nur in seltenen Fällen zwei Töne an. Durch Veränderung der Spannung in gleicher Richtung lassen sich die Töne am Kehlkopfe ungefähr im Umfange von zwei Octaven verändern; bei stärkerer Spannung entstehen unangenehme, höhere, pfeifende oder schreiende Töne. Bei Falsettönen schwingen nur die feinen Ränder der Stimmbänder, bei den Brusttönen die ganzen Stimmbänder. Die tiefsten Brusttöne werden bei grösster Abspannung der Stimmbänder durch Rückwärtsbewegen des Schildknorpels erhalten. Bei gleicher Spannung der Stimmbänder lässt sich durch stärkeres Anblasen der Ton bis fast zu einer Quinte und mehr in die Höhe treiben. Die Falsettöne hängen in Hinsicht der Höhe von der Spannung der Stimmbänder ab. Das Mundrohr und Nasenrohr scheint in Hinsicht der Höhe des Tones nicht anders als ein einfaches Ansatzrohr zu wirken, verändert aber den Klang des Tones durch Resonanz. Durch Herabdrücken des Kehldeckels wird der Ton etwas vertieft und dumpfer.

Der Umfang der menschlichen Stimme beträgt 1 bis 3 Octaven; doch geht derselbe selten über zwei Octaven hinaus, sofern es sich um reine und volle Töne handelt. Nach Müller liegt der tiefste Ton der weiblichen Stimme ungefähr um eine Octave höher als der tiefste Ton der männlichen. Die Länge der Stimmbänder des Mannes und Weibes verhalten sich etwa wie 3 zu 2. Die weibliche Stimme klingt im Allgemeinen weicher. Bei der Männerstimme unterscheidet man Bass und Tenor, bei der Frauen- und Knabenstimme Alt und Sopran. Der Unterschied beruht nicht blos in der Höhe oder Tiefe, sondern auch bei demselben Tone in einer Verschiedenheit des Klanges. Durch Baryton wird mehr das Unentschiedene zwischen den Klangarten des Bass und Tenor, durch Mezzo-Soprano ebenso des Alt und Sopran bezeichnet. Der Klang hängt nach Müller von der Form der Luftwege und von der Resonanz ab. Durch die Bewegung der Zunge und Lippen unter dem Einflusse der Mund- und Nasenhöhle, des Gaumens und der Zähne entstehen ausserdem noch zahlreiche Geräusche und Laute. Wegen der Vocale s. Art. Sprachmaschine, wegen des Bauchredens Art. Bauchrednerei.

Säugethiere und Amphibien haben ein Stimmorgan, welches wenigstens im Wesentlichen mit dem des Menschen übereinkommt. Bei vielen zeigen sich indessen mancherlei Besonderheiten, z. B. bei Affen, bei dem männlichen Frosche. Bei den Vögeln befindet sich das Stimmorgan am unteren Theile der Luftröhre; ob dasselbe mit einer membranösen Zungenpfeife oder mit einer Labialpfeife zu vergleichen ist, ist noch unentschieden.

Stimmgabel ist ein in der Mitte in zwei parallele Schenkel gekrümmter Stahlstab, welcher an der Krümmung in einen Stiel ausläuft, so dass das Ganze einer zweizinkigen Gabel ähnlich sieht. Fasst man diese Gabel am Stiele, schlägt mit einem Zinken auf und setzt den Stiel auf eine feste Unterlage, so wird ein Ton hörbar. Dieser Ton ist ungefähr um eine kleine Sexte tiefer, als der tiefste Ton ebendesselben Stabes, wenn er gerade und ganz frei ist. Hierbei fallen die beiden Schwingungsknoten fast zusammen. Erhält die Gabel 4 Schwingungsknoten, so ist der Ton um zwei Octaven und eine übermässige Quinte höher, als im vorigen Falle. Das Verhältniss beider Töne ist 4 zu 25. Bei 5 Schwingungsknoten ist der Ton um eine kleine Septime, nämlich 9 zu 16, höher als bei 4 Knoten; bei 6 Schwingungsknoten nimmt der Ton beinahe um eine kleine Sexte (16 zu 25) zu; bei 7 Schwingungsknoten wieder eine verminderte Quinte (25 zu 36) etc. Allerdings sind diese Verhältnisse nicht constant. Im Anfange geben Stimmgabeln meist einen etwas tieferen Ton als später, nach Scheibler sollen jedoch solche mit genau parallelen Zinken eine Ausnahme machen. Eine durch kaltes Hämmern gehärtete Stimmgabel giebt einen tieferen Ton, als eine sonst ganz gleiche, aber angelassene. Für gewöhnlich schwingt die

Stimmgabel nur mit 2 Knoten und dann bewegen sich die Schenkel gleichzeitig nach Aussen und Innen, da sie den ersten und dritten Theil des geraden Stabes repräsentiren. Wegen der mit der Stimmgabel erzeugten Schallinterferenz vergl. Art. Interferenz. B. a. S. 504. Die zum Stimmen gebrauchten Stimmgabeln geben gewöhnlich den Ton *a* an.

Stimmorgan, s. Art. Stimme und Kehlkopf.

Stirnrad oder Sternrad heisst ein Rad (s. Art. Räderwerk), dessen Zähne in der Verlängerung der Halbmesser des Rades liegen.

Stöhrer's Maschine, s. Art. Inductionsmaschine.

Störungen nennt man überhaupt Unregelmässigkeiten in einem sonst regelmässigen Verlaufe einer Erscheinung, z. B. in den Erscheinungen des Erdmagnetismus (s. Art. Magnetismus der Erde), wo man sie namentlich als Perturbationen im Gegensatze zu den Variationen bezeichnet.

Stösse bei Tönen, s. Art. Battements.

Stoff oder Materie (s. d. Art.) heisst das den Raum eines Körpers Erfüllende.

Stopfbüchse heisst eine Büchse, welche mit fest an einander gepressten, in Oel getränkten Lederscheiben gefüllt ist. Die Lederscheiben sind durchbohrt und durch das hierdurch gebildete Loch geht eine genau abgedrehte Stange, luftdicht anschliessend, wenn sie auch hin und her bewegt wird. S. Art. Dampfmaschine. S. 190. Die Büchse ist entweder so eingerichtet, dass die pressende, in ihrer Mitte zum Durchlassen der Stange durchbohrte Schraube mit ihrem Gewinde in das Innere der Büchse greift, oder das Gewinde auf der Aussenseite der Büchse erhält, d. h. dass die Büchse im ersten Falle die Schraubenmutter, im zweiten die Schraubenspindel liefert. In neuerer Zeit wendet man auch über einander liegende, gewöhnlich aus je drei Stücken bestehende Metallringe an, welche durch in der Stopfbüchse liegende Federn an die Stange angedrückt werden. Auch pflegt man bei Dampfkesseln die Scheiben der Stopfbüchsen dadurch zu pressen, dass man einen durchbohrten Presskolben durch mehrere an der Seite der Büchse angebrachte Schrauben eintreibt.

Stopfen, das, beim Blasen des Hornes, s. im Art. Horn.

Storchschnabel oder Pantograph heisst ein Instrument zum Copiren von Figuren in verkleinertem oder vergrössertem Massstabe. Er besteht aus vier Stäben, welche so mit einander verbunden sind, dass sie sich ihre Bewegung in horizontaler Ebene mittheilen und zwar in der Weise, dass zwei an den gehörigen Stellen durchgesteckte Stifte in gleichen Richtungen aliquote Räume durchlaufen. Die Figur, welche der eine Stift durchläuft, zeichnet deshalb der andere in dem bestimmten Verhältnisse auf ein untergelegtes Blatt. — Um die Zeichnung sofort umgekehrt z. B. auf einem Steine zum Abdrucken zu erhalten, hat

J. Lohse statt des Storchschnabels seinen Ikonograph (s. d. Art.) construirt.

Stoss. Trifft ein bewegter Körper mit einem anderen, ruhenden oder in Bewegung befindlichen zusammen, so sagt man, es habe ein Stoss der Körper auf einander stattgefunden. Die Einwirkung der Körper hierbei ist eine wechselseitige und Wirkung und Gegenwirkung gleich gross.

Bei dem Stosse ist ausser der Richtung der Bewegung (s. Art. Beharrungsvermögen) des einen oder beider Körper noch auf die Stossrichtung zu achten, die auch einem ruhenden, von einem bewegten getroffenen Körper nicht fehlt. Diese Stossrichtung steht stets in dem Berührungspunkte der Flächen, in welchem sich die beiden zusammenstossenden Körper berühren, auf diesen senkrecht. Fallen Bewegungsrichtung und Stossrichtung zusammen, so heisst der Stoss gerade, hingegen schief, wenn dies nicht der Fall ist. Liegen die Schwerpunkte beider Körper in der Stossrichtung, so ist der Stoss central, andernfalls excentrisch. Bei dem Zusammenstosse von Kugeln, bei welchen der Schwerpunkt in dem Mittelpunkte liegt, ist der Stoss stets central. — Einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg eines Stosses hat namentlich die Elasticität der auf einander stossenden Körper, so dass wir den Stoss unelastischer und elastischer Körper getrennt betrachten müssen.

A. Gerader Stoss unelastischer Körper. Stossen zwei unelastische, freie Körper A und B von den Massen M und M_1 mit den Geschwindigkeiten C und C_1 gerade auf einander und nennen wir die Geschwindigkeiten nach dem Stosse V und V_1, so ist $V = V_1$, d. h. die Körper gehen beide nach dem Stosse mit derselben Geschwindigkeit fort und zwar ist für $C > C_1$, wenn der Körper A den andern B einholt, $V = V_1 = \frac{MC + M_1C_1}{M + M_1}$, wenn die Körper gegen einander laufen, $V = V_1 = \frac{MC - M_1C_1}{M + M_1}$, und wenn der Körper mit der Masse M_1 ruht, $V = V_1 = \frac{MC}{M + M_1}$; also allgemein

$$V = V_1 = \frac{MC \pm M_1C_1}{M + M_1} \text{ oder } = \frac{GC \pm G_1C_1}{G + G_1},$$

wenn man für die Massen die Gewichte G und G_1 einführt, also $G = gM$ und $G_1 = gM_1$ (s. Art. Gewicht) setzt. Das obere Zeichen gilt hier für hinter einander, das untere für gegen einander laufende Körper. — Es folgt dies Ergebniss daraus, dass beide Körper nach dem Stosse sich wie eine einzige Masse verhalten, welche nun von der vorhandenen bewegenden Kraft in Bewegung gesetzt wird. Hierbei erleidet

der eine Körper einen Gewinn an bewegender Kraft $= K_+$, der andere einen Verlust $= K_-$. Im vorliegenden Falle ist

$$K_+ = K_- = \frac{MM_1 (C \mp C_1)}{M + M_1} = \frac{G . G_1 (C \mp C_1)}{g (G + G_1)}.$$

Ist die Masse des ruhenden Körpers im Verhältniss zu der des bewegten sehr bedeutend, z. B. bei einer Mauer, so wird $V = V_1 = 0$, d. h. der bewegte Körper kommt zur Ruhe. Sind die Massen gleich gross, so ist $V = V_1 = \frac{C \pm C_1}{2}$.

B. Gerader Stoss vollkommen elastischer Körper. Stossen zwei vollkommen elastische Körper A und B gerade auf einander, so ergeben sich — wenn die vorhergehenden Bezeichnungen auch hier gelten — folgende Geschwindigkeiten nach dem Stosse:

$$V = \frac{C (M - M_1) \pm 2 M_1 C_1}{M + M_1} = \frac{C (G - G_1) \pm 2 G_1 C_1}{G + G_1}$$

$$\text{und } V_1 = \frac{- C_1 (M - M_1) \pm 2 MC}{M + M_1}$$

$$= \frac{- C_1 (G - G_1) \pm 2 GC}{G + G_1},$$

wo das obere Zeichen für hinter einander, das untere für gegen einander laufende Körper gilt und die Bewegungsrichtung vor dem Stosse sowohl für A als B positiv genommen ist, so dass ein negativer Werth eine der ursprünglichen entgegengesetzte Richtung bedeutet. — Das angegebene Resultat erklärt sich daraus, dass der Gewinn und Verlust an bewegender Kraft nach eingetretener Wirkung der Elasticität doppelt so gross ist, als wenn die Körper vollkommen unelastisch gewesen wären, weil jeder Körper den erhaltenen Eindruck mit derselben Kraft wieder ausgleicht, mit welcher derselbe erfolgt ist.

In besonderen Fällen ergiebt sich Folgendes. 1) Laufen die Körper hinter einander, so ist die Geschwindigkeitsdifferenz nach dem Stosse gleich, aber entgegengesetzt der vor dem Stosse, also $V - V_1 = C_1 - C$. 2) Sind die Massen gleich gross, so ist $V = \pm C_1$ und $V_1 = \pm C$, d. h. die Körper vertauschen die Geschwindigkeiten. 3) Ruht der eine Körper, z. B. B, so ist

$$V = \frac{C (M - M_1)}{M + M_1} = \frac{C (G - G_1)}{G + G_1} \text{ und}$$

$$V_1 = \frac{2 MC}{M + M_1} = \frac{2 GC}{G + G_1}.$$

4) Sind die Massen gleich und ruht der Körper B, so ist $V = 0$ und $V_1 = C$, d. h. die Körper vertauschen — wie unter Nr. 3 — ihre

Geschwindigkeiten. 5) Ist die Masse des ruhenden Körpers B gegen die des aufstossenden im Verhältniss sehr bedeutend, so ist $V = -C$ und $V_1 = 0$, d. h. der aufstossende Körper prallt mit derselben Geschwindigkeit zurück. 6) Wenn eine Reihe von n elastischen Kugeln, die alle gleiche Masse haben, so aufgehängt ist, dass sich die Kugeln der Reihe nach berühren und alle Mittelpunkte in einer geraden Linie liegen, so kommen die $n - x$ letzten Kugeln in Bewegung mit der Geschwindigkeit C, wenn man die $n - x$ ersten Kugeln zurückhebt und alle auf einmal fallen lässt, so dass sie mit der Geschwindigkeit C gegen die noch ruhenden stossen. Hängen z. B. 7 Kugeln in angegebener Weise und lässt man eine Kugel stossen, so fliegt nur die letzte fort; lässt man 2 Kugeln stossen, so die beiden letzten etc., bei 6 Kugeln die 6 letzten, obgleich dann nur noch eine Kugel übrig war. — Die Erscheinung erklärt sich daraus, dass $n - x$ Stösse hinter einander erfolgen und nun der Erfolg wie unter Nr. 4 ist. 7) Wenn eine Reihe von n elastischen Kugeln, von denen jede halb so viel wie die vorhergehende wiegt, so aufgehängt ist, dass alle Mittelpunkte in einer geraden Linie liegen und die Kugeln sich der Reihe nach berühren, so erlangt die leichteste, wenn die schwerste mit einer Geschwindigkeit C auf die nächste stösst, eine Geschwindigkeit $= (^4/_3)^{n-1} C$. Wird nämlich eine ruhende Kugel von einer anderen gestossen, welche die doppelte Masse hat, so erhält dieselbe nach Nr. 3 die Geschwindigkeit $V_1 = {^4/_3}\, C$.

C. Schiefer Stoss. 1) Trifft ein unelastischer Körper eine feststehende unelastische Ebene schief, so bewegt sich derselbe nach dem Stosse an der Ebene entlang. — Es folgt dies einfach aus einer Zerlegung nach dem Parallelogramme der Kräfte (s. Art. Bewegungslehre. S. 95 u. 101).

2) Trifft ein elastischer Körper eine feststehende unelastische Ebene, oder ein unelastischer Körper eine solche elastische Ebene, oder sind Körper und Ebene elastisch, so springt der Körper in der Einfallsebene so zurück, dass der Zurückwerfungswinkel gleich dem Einfallswinkel ist (s. Art. Katoptrik. S. 528). — Es folgt dies ebenfalls aus der Zerlegung unter Berücksichtigung des vorher unter B. Nr. 5 angegebenen Falles.

3) Bewegen sich zwei unelastische Kugeln A und B von den Massen M und M_1 mit den Geschwindigkeiten C und C_1 schief gegen einander und zwar so, dass die Bewegungsrichtung von A mit der Berührungsebene beider Kugeln den Winkel α und die von B den Winkel β bildet; so sind die Geschwindigkeiten V und V_1 nach dem Stosse, wenn man $\frac{MC \sin\alpha - M_1 C_1 \sin\beta}{M + M_1} = K$ setzt:

$$V = \sqrt{K^2 + C^2 \cos^2\alpha} \text{ und } V_1 = \sqrt{K^2 + C_1{}^2 \cos^2\beta},$$

und die Bewegungsrichtungen nach dem Stosse erfolgen unter den Winkeln α_1 und β_1 zur Berührungsebene, für welche

$$tgs\,\alpha_1 = \frac{K}{C\,.\,cos\,\alpha} \text{ und } tgs\,\beta_1 = \frac{K}{C_1\,.\,cos\,\beta}$$

sich ergiebt. — Es folgt dies aus einer Zerlegung von C und C_1 senkrecht und parallel zur Berührungsebene. Dann erhält man für beide Kugeln K als Geschwindigkeit senkrecht zur Berührungsebene. Durch Zusammensetzung von K und der mit der Berührungsebene parallelen Componente ergiebt sich dann V und V_1, ebenso $tgs\,\alpha_1$ und $tgs\,\beta_1$.

Aus dem allgemeinen Resultate ergeben sich die speciellen Fälle, z. B. ist $M = M_1$, $C = C_1$ und $\alpha = \beta$, so ist $K = 0$, die Kugeln laufen parallel der Berührungsebene fort und ihre Geschwindigkeit nach dem Stosse ist $= C\,.\,cos\,\alpha$. — Ist $C_1 = 0$, so wird $K = \frac{MC\,sin\,\alpha}{M + M_1}$, $V = \sqrt{K^2 + C^2 cos^2\alpha}$, $V_1 = K$, $tgs\,\alpha_1 = \frac{K}{C\,.\,cos\,\alpha}$ und B geht senkrecht zu der Berührungsebene fort.

4) Bewegen sich zwei elastische Kugeln A und B schief gegen einander und sind die näheren Bestimmungen wie vorher unter Nr. 3, so wird mit Berücksichtigung der Elasticität

$$K = \frac{(M - M_1)\,C\,sin\,\alpha - 2M_1C_1\,sin\,\beta}{M + M_1} \text{ für } A$$

$$\text{und } K_1 = -\frac{(M - M_1)\,C_1\,sin\,\beta + 2MC\,sin\,\alpha}{M + M_1} \text{ für } B,$$

$$\text{ferner } V = \sqrt{K^2 + C^2 cos^2\alpha} \text{ und } V_1 = \sqrt{K_1{}^2 + C_1{}^2 cos^2\beta},$$

$$tgs\,\alpha_1 = \frac{K}{C\,.\,cos\,\alpha} \text{ und } tgs\,\beta_1 = \frac{K_1}{C_1\,.\,cos\,\beta}.$$

Es ist hierbei zu beachten, dass die Elasticität nur auf K und K_1, nicht aber auf $C\,cos\,\alpha$ und $C_1\,cos\,\beta$ von Einfluss ist. Das Vorzeichen von V und V_1 hängt von K und K_1 ab.

Von den specielleren Fällen erwähnen wir folgende: Ist $M = M_1$, $C = C_1$ und $\alpha = \beta$, so gehen die Körper mit derselben Geschwindigkeit, aber in vertauschten Richtungen fort. — Ist $C_1 = 0$, was beim Billardspiel der gewöhnliche Fall ist, so geht B senkrecht zur Berührungsebene fort mit der Geschwindigkeit

$$V_1 = K_1 = -\frac{2MC\,sin\,\alpha}{M + M_1};\ K \text{ ist} = \frac{(M - M_1)\,C\,.\,sin\,\alpha}{M + M_1},$$

$$V = \sqrt{K^2 + C^2 cos^2\alpha} \text{ und } tgs\,\alpha_1 = \frac{M - M_1}{M + M_1}\,tgs\,\alpha.$$

Bei dem Billardspiele kommen die unter C. 2 und 4 aufgestellten Gesetze namentlich in Betracht. Das einfachste Spiel ergiebt sich, wenn alle Bälle gleiche Masse und Grösse haben. Zu beachten ist dabei, ob man dem Spielballe einen Stoss durch das Centrum, oder unterhalb, oder oberhalb desselben giebt. Ein Stoss unterhalb des Centrums ist der sogenannte Klappstoss, ein Stoss oberhalb giebt den sogenannten Nachläufer. Auf Billardkunststückchen können wir hier nicht weiter eingehen; es finden dieselben aber alle ihre Begründung in den angegebenen Gesetzen. Ein bekanntes Kunststück beruht z. B. auf B. 3, desgleichen auf B. 6; vergl. auch Art. Kegel, berganlaufender.

D. Wir fügen hier noch an den Arbeitsverlust bei unelastischem Stosse. Stossen zwei unelastische Massen zusammen, so erleiden sie einen Verlust an lebendiger Kraft (s. Art. Kraft, lebendige), und bezeichnen wir die Grössen wieder, wie vorher geschehen ist, so ergiebt sich ein Arbeitsverlust

$$L = {}^1/_2 \frac{(C \mp C_1)^2 M . M_1}{M + M_1} = \frac{(C \mp C_1)^2}{2g} . \frac{G . G_1}{G + G_1},$$

d. h., wenn man $\frac{ab}{a + b}$ das harmonische Mittel aus a und b nennt (s. Art. Mittel), und weil $\frac{C^2}{2g}$ (s. Art. Fall der Körper und Bewegungslehre II. 5. S. 91) die Fallhöhe für die Endgeschwindigkeit C ist: der Arbeitsverlust ist gleich dem Producte aus dem harmonischen Mittel der Gewichte beider Körper und aus der Fallhöhe für die arithmetische Summe der Geschwindigkeiten beider. — Es ist nämlich die lebendige Kraft der einzelnen Körper vor dem Stosse MC^2 und $M_1 C_1^2$, nach dem Stosse MV^2 und $M_1 V_1^2$, also der Verlust an Arbeit $= L = {}^1/_2 M (C^2 - V^2) - {}^1/_2 M_1 (V^2 - C_1^2)$. Nun ist (s. A.) $K_+ = K_-$, also $M (C - V) = M_1 (V \mp C_1) = \frac{M M_1 (C + C_1)}{M + M_1}$, da $C^2 - V^2 = (C + V)(C - V)$ ist; also wird

$$L = {}^1/_2 \frac{(C + V \mp C_1 - V) M M_1 (C + C_1)}{M + M_1}$$

$$= {}^1/_2 \frac{M M_1 (C \mp C_1)^2}{M + M_1},$$

wo das obere Zeichen bei derselben, das untere bei entgegengesetzter Richtung gilt.

Grössere auf einander stossende Massen, z. B. Eisenbahnzüge, betrachtet man gewöhnlich als unelastisch. Ist $C_1 = 0$, also der eine

Körper in Ruhe, so ist $L = \frac{C^2}{2g} \cdot \frac{G \cdot G_1}{G + G_1}$. Ist $C_1 = 0$ und M_1 gegen M verhältnissmässig sehr bedeutend, so wird $L = \frac{C^2}{2g} \cdot G$.

Stossheber, s. Art. Widder, hydraulischer.

Stossmaschine oder Percussionsmaschine heisst eine Vorrichtung, um die Gesetze des Stosses (s. Art. Stoss) zu prüfen und nebenbei durch die grössere oder geringere Uebereinstimmung einen Anhalt über den Grad der Elasticität der Körper zu gewinnen. Ein verticaler Ständer trägt einen rechteckigen Rahmen von etwa 15 Zoll Länge und 4 bis 6 Zoll Breite in horizontaler Lage: an den langen Seiten des Rahmens hängen an je zwei Fäden, die sich an drehbaren Wirbeln (wie bei der Geige) aufwickeln lassen, die Körper, welche untersucht werden sollen, so dass die Fäden die Schenkel eines gleichseitigen Dreiecks bilden, dessen Basis die Breite des Rahmens ist: an dem Ständer ist bisweilen noch ein Kreisbogen angebracht, um den Ausschlag der angehängten Körper zu bestimmen, dann ist aber die Theilung des Bogen in der Art ausgeführt, dass die Sehnen der Progression 1, 2, 3.... folgen, da sich die erlangten Geschwindigkeiten wie die durchlaufenen Sehnen verhalten (nach den Gesetzen der Pendelbewegung). Man kann an die Fäden die verschiedensten Körper (gewöhnlich in Kugelform) anhängen, z. B. Thon, Blei, Holz, Elfenbein etc.; die Körper können gleiches oder ungleiches Gewicht haben; es können nur zwei oder auch mehrere Körper gleichzeitig dem Versuche unterworfen werden. Die Verschiedenartigkeit der Versuche ergiebt sich aus Art. Stoss.

Um die Geschwindigkeit und Wirkungskraft eines Geschosses zu messen, hat man sich einer Stossmaschine, die den Namen Ballistenpendel führt, bedient. Dies Pendel besteht aus einer bedeutenden Masse von Holz oder Metall, die an einer eisernen Stange so aufgehängt wird, dass das Pendel die möglichst geringste Reibung erleidet. Eine auf diese Masse abgeschossene Kugel dringt in dieselbe ein und theilt ihr die Bewegung mit. Aus dem Ausschlagswinkel und der Grösse der bewegten Masse lässt sich die Geschwindigkeit und daraus die Wirksamkeit der Kugel berechnen. S. auch Art. Pendel. D. S. 203.

Stosswidder, s. Art. Widder, hydraulischer.

Strahl nennt man den Weg (die Linie), auf welchem sich die Wirkung einer Kraft fortpflanzt, z. B. Strahl bei Wellen, wohin auch der Lichtstrahl gehört, oder Wasserstrahl als Wirkung des Druckes etc. Wegen der chemischen Strahlen s. Art. Spectrum und Chemische Wirkungen des Lichts, wegen der Wärmestrahlen gleichfalls Art Spectrum und Wärme, strahlende. Wegen des ordinären und extraordinären Strahles s. Art. Brechung. A. II.

Strahlenband oder Strahlenkranz, s. Art. Auge.

Strahlenbrechung, astronomische, oder astronomische Refraction ist die Veränderung der scheinbaren Höhe der Gestirne in Folge des Durchganges des von denselben ausgehenden Lichtes durch die Atmosphäre der Erde. Dringt ein Lichtstrahl von aussen her in die Erdatmosphäre, so gelangt er in immer dichtere Luftschichten; folglich wird derselbe bei schrägem Auftreffen immer mehr zu dem Einfallslothe hin gebrochen und, da dies fortwährend geschieht, eine krumme, mit der concaven Seite der Erde zugewendete Linie durchlaufen (s. Art. Brechung. A.). Stände ein Stern im Zenith eines Beobachters, so würde das Licht des Sternes stets senkrecht auffallend, also ungebrochen in das Auge gelangen und der Stern in seiner wahren Richtung und Stelle erscheinen. Je grösser aber die Zenithdistanz eines Sternes wird, desto schräger wird das Licht, welches in das Auge des Beobachters fallen soll, durch die Luftschichten hindurchgehen, desto stärker wird also die Krümmung der Bahn sein, welche der Lichtstrahl durchlaufen hat, und desto mehr wird die Tangente, welche bei dem Auge an diese Bahn gelegt wird, von dem wahren Orte des Sternes aufwärts gerichtet sein. Die astronomische Strahlenbrechung wächst also mit der Zenithdistanz und ist für einen im Horizonte stehenden Stern am grössten.

Die Grösse der Strahlenbrechung ermittelt man für die verschiedenen Zenithdistanzen im Allgemeinen durch Beobachtung der Poldistanzen von Sternen, die man in der oberen und unteren Culmination beobachten kann. Die Poldistanz müsste dieselbe sein; aber in der unteren Culmination wird sie durch die astronomische Strahlenbrechung um so mehr verkleinert, je näher der Stern dem Horizonte kommt. Im Allgemeinen wächst die Strahlenbrechung wie die Tangente der Zenithdistanz; indessen ist wohl zu beachten, dass namentlich Barometer- und Thermometerstand darauf Einfluss haben; die Untersuchungen sind noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Namentlich sind Beobachtungen in niedrigen Höhen noch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit ausführbar.

Wegen der astronomischen Strahlenbrechung erscheinen beim Auf- und Untergange Sonne und Mond abgeplattet. Die mittlere Refraction im Horizonte beträgt nämlich 35′ 6″, in einer Höhe von 32′ aber nur 28′; da nun der Durchmesser der Sonne und des Mondes etwa unter 32′ erscheint, so wird in dem Augenblicke, in welchem der untere Rand derselben den Horizont berührt, der untere Rand etwa 7′ mehr gehoben als der obere, so dass beide einander näher gerückt erscheinen, während der horizontale Durchmesser keine Aenderung erleidet. — Aus demselben Grunde sieht man Sonne und Mond bereits, wenn sie noch nicht aufgegangen sind, und erblickt sie noch, wenn sie schon untergegangen sind. — Tritt der Augenblick des Vollmondes für einen Ort mit Sonnenuntergang ein, so wird man beide über dem Horizonte sehen. — Der Aufgang der Gestirne wird beschleunigt, der Untergang verzögert. — Die Länge unserer Tageszeit wird verlängert, was für die Polargegenden

besonders wichtig ist. Die mittlere Strahlenbrechung ist für 5° Zenithdistanz = 5″; für 10° = 10″; für 20° = 20″; 30° = 33″; 40° = 48″; 50° = 1′ 8″; 60° = 1′ 39″; 70° = 2′ 37″; 80° = 5′ 15″; 81° = 5′ 48″; 83° = 7′ 18″; 85° = 9′ 45″; 87° = 14′ 15″; 89° = 24′ 38″; 90° = 35′ 6″.

Strahlenbrechung, doppelte, s. Art. Brechung. II. S. 119.

Strahlenbrechung, terrestrische oder terrestrische Refraction ist die Veränderung der scheinbaren Höhe irdischer Gegenstände in Folge des schrägen Durchganges der Lichtstrahlen durch die Luftschichten. Ein Lichtstrahl, welcher von einem erhöhten Punkte aus zu niederen Stellen der Erdoberfläche geht, hat eine krumme Bahn, wie bei der astronomischen Strahlenbrechung (s. d. Art.) angegeben ist; folglich erhält auch in diesem Falle die Tangente an dieser Bahn eine aufwärtsgehende Richtung und der Gegenstand erscheint gehoben. Bei Berücksichtigung der Horizontalrefraction wird die Entfernung, welche man von einem erhöhten Standpunkte aus übersieht, im Mittel um $^1/_{12}$ = 0,08 der theoretischen Entfernung vergrössert, weil der erhöhte Punkt von dieser grösseren Entfernung aus in Folge der Strahlenbrechung gesehen werden würde, was ohne dieselbe nicht möglich wäre. Vergl. Art. Luftspiegelung.

Strahlenkästchen heisst eine Abänderung des Kaleidoskops (s. d. Art.). Es bilden drei Spiegel eine gleichseitige abgekürzte Pyramide mit der abgekürzten Spitze als Ocularende.

Strahlenkörper
Strahlenkranz
Strahlenplättchen
} sind identische Ausdrücke, s. Art. Auge.

Strahlungsvermögen heisst das bei verschiedenen Körpern unter fast gleichen Verhältnissen und bei demselben Körper unter verschiedenen Verhältnissen ungleiche Vermögen Strahlen auszusenden. Es kommt dies namentlich bei der Wärme in Betracht; vergl. Art. Wärme, strahlende.

Strassenwaage, s. Art. Brückenwaage.

Stratus, s. Art. Schichtwolke.

Strauberad oder Strauberrad, s. Art. Staberad.

Streckbarkeit bezeichnet eine besondere Form der Dehnbarkeit (s. d. Art.) und besteht insbesondere darin, dass sich ein Körper leicht, ohne zu zerreissen, verlängern lässt. Körper, aus denen sich Draht ziehen lässt, sind vorzugsweise streckbar.

Streichinstrument heisst ein Saiteninstrument (s. d. Art.), bei welchem die Schwingungen der Saiten durch Streichen mit einem Haarbogen hervorgebracht werden. Bei allen Streichinstrumenten sind die Saiten, welche die tieferen Töne geben sollen, dicker und weniger straff gespannt; meistens sind auch die tieferen Saiten mit einem feinen Drahte umsponnen, um ihr Gewicht zu vergrössern. An dem einen Ende sind die Saiten fest, an dem anderen in einen drehbaren Wirbel gesteckt, durch



dessen Umdrehung die zur Stimmung nöthige Spannung erzielt wird. Die verschiedenen Töne erhält man durch Verkürzung der Saiten, indem dieselben an bestimmten Stellen mittelst des Fingers gegen das sogenannte Griffbret gedrückt werden. Als Repräsentant kann die Geige (s. d. Art.) gelten. Im Art. Geige ist auch über die Wirkungsweise des Bogens das Nöthige beigebracht.

Streichwalze Chladni's oder Euphon (s. d. Art.).

Strengflüssig, s. Art. Leichtflüssig und Schmelzbar.

Strich als der 32. Theil der Windrose s. im Art. Himmelsgegenden. — Strich der Mineralien bedeutet die Farbe des Pulvers, wenn das Mineral geritzt wird. Zur Untersuchung des sogenannten Strichpulvers bedient man sich am zweckmässigsten einer rauchen weissen Porcellanbiscuitplatte, auf welcher man von dem Minerale etwas abreibt.

Strichregen wird Regen genannt, welcher aus einer einzelnen Wolke fällt, die nur einen kleinen Raum einnimmt; den Gegensatz bildet der Landregen (s. d. Art.).

Strichtafel oder Segeltafel, s. Art. Quadrant.

Stroboskop nannte Stampfer in Wien einen (1833) von ihm erfundenen Apparat, den gleichzeitig (sogar noch etwas früher) auch Plateau unter dem Namen Phänakistiskop, Phantaskop oder Phantasmaskop angegeben und ausgeführt hat. Die Erscheinung, welche mittelst gedrehter Scheiben, die man stroboskopische Scheiben oder Zauberscheiben nennt, hervorgebracht wird, beruht auf der Dauer des Lichteindruckes im Auge (s. Art. Lichteindruck). Das Stroboskop ist sehr bekannt und wird zum Theil als Spielzeug benutzt; deshalb wird es genügen die Construction einer Scheibe anzugeben, welche leicht herzustellen ist und das Princip erkennen lässt. — Auf einer dunklen Pappscheibe von etwa 12 Zoll Durchmesser bringe man auf einem Kreise von z. B. 5″ Halbmesser in der Richtung des Halbmessers 24 Spalten von etwa 5 Linien Länge und 2 Linien Breite an; klebe auf einen Kreis von etwa 4″ Halbmesser über 24 gleich grosse weisse Papierstückchen, auf einen Kreis von etwa 3″ desgleichen weniger als 24 und auf einen noch kleineren Kreis deren 12, so dass diese Streifen gleichmässig in ihrer Peripherie vertheilt sind. Steckt man durch den Mittelpunkt der Scheibe einen Stift, um welchen sich die Scheibe leicht drehen lässt; stellt sich vor einen Spiegel, so dass man durch eine Spalte der Scheibe sehend das Spiegelbild der beklebten Scheibenseite sieht, und setzt die Scheibe in Drehung, während man das Auge an seiner Stelle hält, so dass die Spalten nach und nach vor demselben vorbeigehen; so erblickt man im Spiegel Folgendes. Die Papierstückchen, deren Zahl über 24 beträgt, drehen sich nach einer Richtung, diejenigen, deren Zahl weniger als 24 beträgt, drehen sich nach der entgegengesetzten Richtung; die Papierstückchen, deren Zahl die Hälfte der



Spalten ausmacht, stehen still, erscheinen aber in verdoppelter Anzahl. — Wo mehr als 24 Papierstückchen sind, wandern diese schneller vor dem Auge vorbei als die Spalten, bewegen sich also schneller als diese in der Richtung der Drehung; umgekehrt ist es bei weniger als 24 Stückchen, und bei 12 Stückchen erhält man von jedem wegen der doppelten Spalten auch die doppelten Eindrücke. — Zeichnet man z. B. eine Person, welche an einer Wasserpumpe pumpt, in den verschiedenen Stellungen, welche diese bei dieser Arbeit einnimmt, und bringt man diese Zeichnungen in ihrer Aufeinanderfolge in einem Kreise auf der Scheibe an, so erscheint die Person bei dem Versuche im Spiegel in Bewegung, wie bei der Arbeit. Der Eindruck des einen Bildes ist noch in dem Auge vorhanden, wenn sich der des nächsten daran reiht. — Man kann so die verschiedenartigsten Bewegungen zur Anschauung bringen. Zur Vereinfachung gereicht es, wenn man nur eine Scheibe mit Spalten benutzt und die Bilder auflegt. Jedes Blatt kann auf jeder Seite eine Darstellung haben. — Je breiter die Spaltöffnungen sind, desto schärfer wird zwar das Bild wahrgenommen, aber der Uebergang der einen Stellung in die andere kommt nicht leicht zur Empfindung. — Wegen anderer ähnlicher Phänomene und Apparate vergl. Art. Lichteindruck. Das Dädaleum (s. d. Art.) kommt dem Stroboskope am nächsten.

Strockr, s. Art. Geysir.

Strömungen im Meere, s. Art. Meeresstrom; in der Luft, s. Art. Wind und Sturm.

Strohblitzableiter, s. Art. Blitzableiter. S. 111.

Strohfiddel oder Strohfiedel heisst ein musikalisches Instrument, welches darauf beruht, dass elastische Stäbe beim Anschlagen Töne geben. Man benutzt dazu Stäbe oder schmale Streifen von Holz, Glas, Stahl, Stein etc., legt sie auf zusammengedrehtes Stroh oder auf eine andere weiche Unterlage, z. B. ausgespannte Bänder, und schlägt sie mit Klöppeln, die bei Glas einen Korkkopf, bei anderen einen Stahlkopf haben. — Bei der Eisenvioline (s. d. Art.) werden Stahlstäbe mit dem Violinbogen gestrichen.

Strohhalmelectroskop, s. Art. Electroskop. S. 276.

Strom als ein grösserer Fluss kommt in der Physik, eigentlich in der Meteorologie, in Betracht in Hinsicht der Wasserbewegung nach Höhe und Geschwindigkeit. Wegen der Höhe verweisen wir auf Art. Schwelle der Flüsse. Die Geschwindigkeit wird durch besondere Instrumente ermittelt, die im Allgemeinen Hydrometer heissen und von welchen der hydrometrische Flügel von Woltmann (s. Art. Flügel, Woltmann'scher) den Vorzug verdient. Vergl. auch Art. Schwimmstab. Abgesehen von Wasserfällen und Stromschnellen haben die meisten Flüsse eine Geschwindigkeit von 3 bis 4 Fuss; von der Donau werden bei Ulm 7 Fuss, von der Newa $1^7/_{10}$ Fuss, von dem

Amazonenstrome 7 Fuss angegeben. In Betreff des Eisganges auf der Düna, Newa und Dwina, s. Art. Schneegrenze.

Strom, der electrische, beruht auf der fortwährenden Thätigkeit der electromotorischen Kraft in einer geschlossenen Volta'schen Säule (s. Art. Galvanismus. B.), wodurch ein fortwährendes Ausgleichen der beiden nach entgegengesetzten Richtungen getriebenen Electricitäten stattfindet. Der electrische Strom ist eben nichts anderes, als die fortwährende Ausgleichung und Wiederherstellung entgegengesetzt electrischer Zustände unter raschem Wechsel von Entladung und Ladung der Kette oder Säule. Es begegnen sich fortwährend beide electrische Zustände in entgegengesetzten Richtungen, indem von dem einen Pole her der positive und von dem anderen der negative Zustand fortschreitet.

Ueber die Wirkungen des electrischen Stromes vergl. Art. Galvanismus. C.; wegen der Messung Art. Galvanometer und namentlich Sinusboussole; vergl. auch Art. Ohm'sches Gesetz.

Strom, inducirter, ist erledigt im Art. Induction, electrische.

Strom, primärer / secundärer, s. Art. Induction. S. 490.

Strom, thermoelectrischer, s. Art. Thermoelectricität.

Stromelement oder Stromtheilchen, s. Art. Electrodynamik. S. 265. 266.

Strommesser, s. Art. Flügel, Woltmann'scher; Pendel, hydrometrisches; Schwimmstab; Pitot'sche Röhre.

Stromquadrant, s. Art. Pendel, hydrometrisches.

Stromschnelle heisst eine Stelle eines Flusses, an welcher in Folge einer beträchtlichen Verengerung des Flussbettes bei starkem Gefälle eine grosse Stromgeschwindigkeit stattfindet.

Stromstärke. Wegen der Messung derselben s. Schluss des Art. Strom, electrischer.

Stromsystem, astatisches, s. Art. Electrodynamik. A. S. 268.

Stromwender, galvanischer, s. Art. Gyrotrop.

Stromwirkung, s. Art. Galvanismus. C.

Strudel nennt man die Stellen in Gewässern, an denen eine wirbelnde, also kreisförmige Bewegung stattfindet. Dergleichen Wirbel entstehen vorzugsweise dadurch, dass bei heftiger Strömung sich ein Hinderniss, z. B. ein Felsen, entgegenstellt oder dass verschieden gerichtete Strömungen zusammentreffen. Von den Strudeln im Meere, Meeresstrudeln, sind aus dem Alterthume die Scylla und Charybdis, die zwischen Calabrien und Sicilien in der Strasse von Messina liegen, bekannt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen läuft dort ein regel-

mässiger Strom abwechselnd nach Süden und Norden; aber Windstösse veranlassen Störungen und dann bilden sich durch Klippen Strudel. Am gefährlichsten ist die Scylla, weil dort ein an der italienischen Küste von Norden her kommender Strom mit dem an der Nordküste Siciliens fliessenden zusammenstösst, und ausserdem ist an der Stelle ein mit Höhlungen versehener Felsen, in welchen die Wellen hineinschlagen. Die Charybdis liegt neun italienische Meilen südlich von Messina. — Ein anderer bekannter Strudel ist der Mahlstrom, über welchen ein besonderer Artikel das Nähere angiebt. Ebenda finden sich auch noch andere Angaben über Meeresstrudel.

Stückquadrant, s. Art. Quadrant.

Stürme, s. Art. Sturm.

Stulpliderung, s. Art. Pumpe. S. 288.

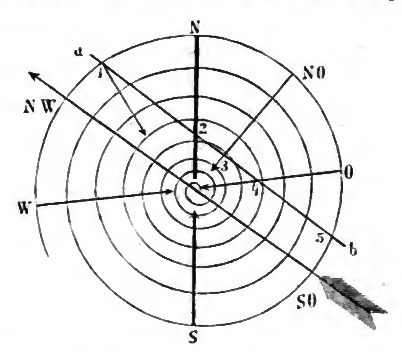
Stunde, der 24. Theil eines Tages, s. Art. Uhr und Sonnenzeit.

Stundenwinkel. Während eines Sterntages (s. d. Art.) bewegt sich der Frühlingspunkt durch alle 360 Grad des Aequators, d. h. er legt in jeder Stunde 15 Grad desselben zurück. Man sagt nun, der Stundenwinkel sei 1, 2, 3 ... Uhr, wenn der Frühlingspunkt von seiner Culmination 15, 30, 45 ... Grad westlich entfernt ist. Am Beobachtungsorte ist dann zugleich 1, 2, 3 ... Uhr Sternzeit.

Sturgeon'sche Säule oder Kette ist aus Eisen und amalgamirtem Zink gebildet in verdünnter Schwefelsäure (1 : 8). Callan hat diese Säulen auch empfohlen, nimmt aber als Flüssigkeit concentrirte Schwefelsäure, die mit dem 3¼fachen Volumen Kochsalzlösung und zwar 1 Pfd. Salz auf 5 Pfd. Wasser gemischt ist. Es kommt namentlich darauf an, dass sich die Metalle recht nahe stehen.

Sturm nennt man eine gewaltige Luftströmung, welche gewöhnlich ihre Bahn mit schrecklichen Verheerungen bezeichnet. In Betreff der Stürme sind in neuerer Zeit zwei Ansichten einander gegenüber getreten, nämlich 1) dass durch irgend eine Ursache an einer bestimmten Stelle der Druck der Luft ungewöhnlich vermindert werde, und dass nun von allen Seiten ein Zuströmen nach dieser Stelle stattfinde, d. h. der Sturm sei centripedal; 2) dass die Gesammterscheinung Folge einer wirbelnden Bewegung sei. Um die Punkte, in welchen beide Ansichten von einander abweichen, klarer zu übersehen, legen wir nebenstehende Abbildung zu Grunde. Nehmen wir an, dass der Sturm in der Richtung des durch das Centrum gehenden Pfeiles fortschreite, und betrachten wir die Erscheinungen, welche sich an einem Orte herausstellen würden, der auf der Linie *ab* liegt. Findet ein centripetales Zuströmen statt, so ist die Windrichtung bei 1 aus *NNW*, bei 2 aus *N*, bei 3 aus *NO*, bei 4 aus *O*, bei 5 aus *OSO*; legen wir die wirbelnde Bewegung zu Grunde, so kommt der Wind bei 1 aus *ONO* (denn diese Richtung hat die Tangente bei 1); bei 2 aus *O*, bei 3 aus

SO, bei 4 aus *S*, bei 5 aus *SSW*. Die Windrichtung würde also an demselben Orte bei demselben Sturme nach der zweiten Ansicht senkrecht auf derjenigen stehen, welche sich aus der ersten ergiebt. — Eine



zweite Verschiedenheit muss sich im Centrum herausstellen. Liegt ein Ort so, dass der Sturm mit seinem Centrum über ihn hinwegschreitet, so muss zwar nach beiden Ansichten temporäre Ruhe eintreten, sobald der Sturm mit seinem Centrum anlangt; aber nach der ersten Ansicht muss sich das Herannahen dieses Momentes durch eine allmälige Abnahme der Intensität des Sturmes markiren, so wie das Weiterschreiten durch eine allmälige Verstärkung, weil sich alle Ströme in dem Centrum stauen und dadurch allmälig an Intensität verlieren; nach der zweiten Ansicht hingegen wird beim Durchgange des Centrums durch einen Ort eine plötzliche Unterbrechung des Sturmes eintreten, auf welche derselbe ebenso plötzlich wieder beginnen wird, weil eben die Luft um das ruhige nur fortschreitende Centrum rotirt. — Die Richtung des Sturmes hat sich stets um einen Viertelkreis verschieden von derjenigen ergeben, welche bei centripetalem Zuströmen eintreten müsste.

Die Erfahrung hat für die zweite Ansicht entschieden. Colonel Capper scheint 1801 zuerst sich dafür ausgesprochen zu haben. Für die erste Ansicht stritten hauptsächlich Brandes in Leipzig und Espy in Philadelphia; für die zweite Dove in Berlin, Redfield in Newyork, Colonel Reid, Gouverneur der Bermudas, und Taylor. Es mussten möglichst viele gleichzeitige Beobachtungen über die Richtung des Sturmes beigebracht werden, weil die Richtung, in welcher der Wirbel als Ganzes fortschreitet, von der Richtung, aus welcher die wirbelnde Luft an einem bestimmten Orte stürmt, ganz verschieden ist. Deshalb zog sich die Entscheidung in die Länge. Die Zusammenstellung der Beobachtungen ergab nun nicht blos, dass die Stürme Wirbel sind, sondern es stellte sich auch heraus, dass dieser Wirbel auf der nördlichen

Halbkugel im Sinne der Richtung *S. O. N. W.*, auf der südlichen in der Richtung *S. W. N. O.*, also entgegengesetzt der Richtung im Dove-schen Drehungsgesetze (s. Art. Drehungsgesetz des Windes und Wind) erfolge. Ferner zeigten die Beobachtungen im Antillen-Meere, dass die Richtung, in welcher der Wirbel als Ganzes fortschreitet, im Allgemeinen von *SO* nach *NW* geht, und dass bei dem Ueberschreiten der Passatzone diese Richtung sich plötzlich unter einem rechten Winkel umbiegt.

Dove ist es gelungen die innere Nothwendigkeit dieses Gesetzes nachzuweisen, also dasselbe zu erklären. Er trug seine Ansicht zuerst vor am 26. Novbr. 1840 in der Academie der Wissenschaften zu Berlin. Er nimmt auf der nördlichen Halbkugel eine Reihe materieller Punkte an, welche dem Aequator parallel liegen und durch irgend einen Impuls nordwärts in Bewegung gesetzt werden. Diese Punkte würden in den kleineren Parallelkreisen, zu welchen sie gelangen, ostwärts voranseilen und aus *S* in *SSW*, *SW* etc. übergehen. Dies könnte jedoch nur ungestört erfolgen, wenn auf der Ostseite dieser in Bewegung gesetzten Punkte ein leerer Raum wäre. Da sich nun dort Luft befindet, welche eine geringere Rotationsgeschwindigkeit besitzt, so hemmt diese die nach Norden getriebenen Punkte in ihrer östlichen Ausbiegung oder ihrem Vorauseilen nach Osten zu; die Rotationsgeschwindigkeit, welche sie mitbrachten, wird vermindert, und so bekommen die an der Ostseite der in Bewegung gesetzten Punkte liegenden Theile eine weniger östliche, behalten vielmehr eine mehr nördliche Richtung. Die westlicher liegenden Theile haben hingegen auf ihrer Ostseite Punkte, welche mit ihnen eine gleiche Rotationsgeschwindigkeit besitzen, sie erleiden also nicht die Hemmung, welche die östlich liegenden erfahren, bewegen sich darum wie im leeren Raume und erhalten daher auch eine mehr östliche Richtung. Stellen nun die angenommenen Punkte eine in der Breite bedeutende Luftmasse vor, welche nach Norden zu in Bewegung gesetzt wird, so ist auf der östlichen Seite die Richtung des Windes mehr *S*, als auf der westlichen, wo sie mehr *SW* und *W* ist, und es entsteht so ein Bestreben zu einem Wirbel im Sinne *S. O. N. W.* Beachten wir namentlich, dass sich diese Tendenz, einen Wirbel zu bilden, auf das Vorhandensein eines in *O* liegenden Widerstandes gründet, so übersehen wir sogleich, dass dieselbe in dem Verhältnisse zunehmen müsse, in welchem dieser Widerstand die Abweichung des Sturmes ostwärts hemmt, oder dass der Sturm um so heftiger sein werde, je vollkommener das Ganze des Wirbels der Richtung des ursprünglichen Impulses folgen muss. Nun finden wir in den Tropen den Nordostpassat, sehen also die Bedingung erfüllt, welche vorher als die bezeichnet wurde, damit der Sturm am heftigsten wüthe und geradlinig fortginge. Kommt dann dieser Sturm in die Gegend des von oben herabkommenden Südweststromes, so wird der Widerstand, welchen die Theilchen bei ihrem Be-

streben, ostwärts auszubiegen, bisher gefunden hatten, plötzlich aufgehoben, wenigstens bedeutend vermindert, weil die angrenzende Luft auch in der Richtung fortschreitet, welche die in Bewegung gesetzte Luft anzunehmen das Bestreben hat, — der Sturm biegt deshalb plötzlich um und schreitet, zugleich an Breite zunehmend, in einer Richtung fort, welche auf seiner früheren senkrecht steht. — Die Ableitung des Hergangs auf der südlichen Halbkugel ergiebt sich auf dieselbe Weise.

Die eben gegebene Entwickelung des Gesetzes der Stürme enthält nur die Grundzüge für diese Erscheinung. Dass der Erfolg nicht immer vollkommen mit dem angegebenen Resultate übereinstimmen kann, ergiebt sich daraus, dass der Verlauf eines Sturmes nothwendig ein anderer werden muss, wenn eine der eben vorausgesetzten Bedingungen sich ändert, also wenn z. B. der erste Impuls in einer andern Richtung erfolgt, oder der fortschreitende Sturm mit einem andern Winde zusammen stösst, oder er nach einander in Strömungen von verschiedener Richtung kommt. Die leitenden Principien sind indessen auch dafür im Obigen enthalten. Drücken wir uns vorsichtig aus, so lässt sich Folgendes aussprechen:

Von einem Sturme innerhalb der Tropen und in den an die Tropen grenzenden Theilen der gemässigten Zonen kann mit grösster Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden, dass er ein Wirbelsturm ist, der sich entgegengesetzt dem Dove'schen Drehungsgesetze dreht, also nördlich von dem Aequator im Sinne *SONW*, südlich im Sinne *SWNO*; ferner dass der Sturm innerhalb der Tropen so fortschreitet, wie der Passatwind auf der andern Halbkugel, nämlich auf der nördlichen von *SO* nach *NW*, auf der südlichen von *NO* nach *SW*, und dass die Fortschreitungsrichtung ausserhalb der Tropen der Richtung des auf derselben Halbkugel herrschenden Passatwindes entgegengesetzt ist, also auf der nördlichen von *SW* nach *NO*, auf der südlichen von *NW* nach *SO*.

Ist ein Sturm ganz besonders heftig, so nennt man ihn wohl auch einen Orcan. In Westindien ist die Bezeichnung Hurrikane im Gebrauch, an der Küste von Mexico Aracan oder Huiran-vucan, in Patagonien Buthan, im chinesischen Meere Tyfoon. Die Engländer bedienen sich des Wortes Hurrikane auch bei Stürmen in anderen Gegenden als Westindien. In neuerer Zeit ist für Wirbelsturm das Wort Cyclon gewöhnlich die Bezeichnung. Die westindischen Hurrikanes, die chinesischen Tyfoons, überhaupt die Stürme innerhalb der tropischen Zone haben sich als Cyclonen herausgestellt. Jedenfalls ist dies hier das Gewöhnliche. S. auch Art. Temporales.

Das Vorstehende enthält die Erscheinung der tropischen Stürme im Allgemeinen und in ihrer inneren Begründung; es sind dabei aber noch mancherlei Einzelheiten bemerkenswerth, von denen hier noch die wesentlichsten folgen sollen.

Aus den Zeitangaben über das Eintreffen des Sturmes, namentlich über das Eintreten der Windstille an einem bestimmten Orte hat sich die

Fortschreitungsgeschwindigkeit des Wirbelsturmes berechnen lassen. Man hat im Mittel in 1 Stunde 4 bis 30 Seemeilen (4 gleich einer geographischen) gefunden. Es ist indessen diese Fortschreitungsgeschwindigkeit des Centrums nicht gleichbleibend, namentlich wird sie im Allgemeinen gesteigert, sowie der Sturm an der äusseren Grenze des Passats sich rechtwinkelig umbiegt. Bei einem Sturme hat man z. B. eine Steigerung von 26 bis auf 50 Seemeilen in 1 Stunde gefunden. Ferner ist diese Fortschreitungsgeschwindigkeit des Centrums, also des gesammten Wirbels, nicht mit der Rotationsgeschwindigkeit in dem Wirbel zu verwechseln. Die letztere ist je nach dem Abstande von dem Centrum verschieden und kann sehr bedeutend ausfallen. Derham giebt 78′, Coulomb 150′ für die Secunde an.

In Beziehung auf die Zeit, in welcher diese Stürme vorzugsweise eintreten, hat sich für Westindien und den nördlichen Theil des atlantischen Oceans aus einer Zusammenstellung von 355 Stürmen ergeben, dass hier die Monate August und September, dann zunächst Juli und October am häufigsten heimgesucht werden. Für den nördlichen Theil des indischen Oceans hat eine Zusammenstellung von 88 Stürmen die Monate April, Mai, September, October und November als die gefährlichsten ergeben; also gerade die Wendemonate der dort herrschenden Musons (s. d. Art.).

Der Durchmesser der Wirbelstürme ist in der Nähe der westindischen Inseln nach Redfield 100 bis 150 Seemeilen; nach dem Umbiegen vergrössert sich derselbe auf 600 bis 1000 Seemeilen. Im südlichen Oceane giebt Thom den Durchmesser zu 400 bis 600 Meilen an. In dem arabischen Meere bestimmte Puddington den Durchmesser zu 240 Meilen; in der Bai von Bengalen zu 300 bis 350 Meilen. Hier tritt mitunter der Fall ein, dass ein Wirbelsturm sich von 300 oder 350 Meilen bis auf 150 Meilen verengt und dabei an Stärke zunimmt. Den Tyfoons des chinesischen Meeres giebt Puddington im Mittel einen Durchmesser von 60 bis 80 Meilen.

Während eines Sturmes pflegt ein niedriger Barometerstand sich einzustellen, ebenso demselben voranzugehen. Otto v. Guerike sagte bereits 1660 einen Sturm vorher, weil sein Wasserbarometer einen ungemein niedrigen Luftdruck anzeigte. Um den Zusammenhang leichter übersehen zu können, wollen wir einen Wirbelsturm nördlich vom Aequator zu Grunde legen, der also in der Richtung aus *SO* nach *NW* fortschreitet. Ist der rotirende Cylinder von beträchtlicher Höhe, so dass er aus dem unteren Passat in den oberen eingreift, so findet auf diesen obern Theil, weil hier der vom Aequator zurückkehrende Südwestwind herrscht, dieselbe Schlussfolge Anwendung, welche zu der Erklärung des plötzlichen Umbiegens des Sturmes bei dem Ueberschreiten der äusseren Grenze der Passate führte. Während nämlich der untere Theil seine Richtung beibehält und auch mit gleicher Breite noch fort-

schreitet, erweitert sich schon der obere Theil und nimmt auch eine andere Richtung an. Indem so der Wirbel sich nach oben trichterförmig erweitert und die oberen Schichten sich mehr von der Axe des Cylinders entfernen als die unteren, die eben darum ein Bestreben zum Steigen erhalten, um die in der Höhe entstandene Verdünnung zu compensiren, entsteht ein Saugen in der Mitte des Wirbels und dadurch eine Verminderung des Druckes auf die Grundlage. Somit erklärt sich der niedere Barometerstand während des Sturmes. Das Fallen des Barometers schon vor dem Eintreten des Sturmes hat hingegen darin seinen Grund, dass der wirbelnde Cylinder bei seinem Vorwärtsschreiten an dem Boden einen Widerstand durch Reibung erfährt. Folge davon ist nämlich, dass sich der Cylinder vorwärts neigt und sich schon in der Höhe bemerkbar macht, ehe er unten wahrgenommen wird. Da nun der obere Theil des Cylinders sich ausbreitet und eine andere Richtung als der untere Theil erhält, so kann auch an Orten das Barometer einen sehr niedrigen Stand erhalten, welche gar nicht vom Sturme berührt werden. Dann zeigt das Barometer an, dass in der Nähe ein Sturm gewesen ist. Ein auffallend niedriger Barometerstand ist jedenfalls ein Anzeichen von einer bedeutenden Störung in der Atmosphäre und deshalb wohl zu beachten; dasselbe gilt aber auch von einem plötzlich eintretenden auffallend hohen Barometerstande, was man bisher leider nicht genug beachtet hat. In der Passatzone ändert das Barometer seinen Stand im Laufe eines Tages kaum um eine Linie. Es ist also in diesen Gegenden eine stärkere Veränderung stets ein Warnungszeichen, welches namentlich die Seefahrer wohl zu berücksichtigen haben. Ein weiterer Vorbote eines heranziehenden Wirbelsturmes ist in diesen Gegenden eine kleine schwarze Wolke, die in heftiger Bewegung begriffen ist und bei den Seeleuten das Ochsenauge heisst. Die Wolke scheint aus sich selbst zu wachsen, bedeckt bald den ganzen Himmel und dann stellt sich die fürchterliche Scene ein. — Von dem Herannahen der Tyfoons sagt Dampier, dass gewöhnlich ein schönes klares Wetter vorhergehe, welches sanfte und gemässigte, aber zu jener Jahreszeit gewöhnlich abweichende Winde zur Gesellschaft habe. Wenn der Wirbelwind anfangen wolle, erscheine ein grosses Gewölk, unten am Horizonte schwarz, weiter oben dunkelroth, oben darüber hellroth und glänzend, an den Enden aber fahl und so weiss, dass es die Augen blende. Der Anblick einer solchen Wolke sei grässlich. Sie lasse sich zuweilen zwölf Stunden lang sehen, ehe der Wirbelwind ausbreche; sobald sie aber mit grosser Geschwindigkeit fortzuschiessen anfange, dürfe man sicher glauben, dass der Sturm bald folgen werde.

Ein aufmerksamer Schiffscapitän wird also schon einige Zeit vor dem Ausbruche des Sturmes manche Vorkehrungen treffen können. Kennt er nun das Gesetz der Stürme, so kann er aus der Richtung, in welcher der Sturm einsetzt, und aus derjenigen, in welche er vielleicht

aus dieser übergeht, bestimmen, an welcher Stelle des Wirbels er sich befindet. Hieraus ergeben sich dann die Manöver, welche mit dem Schiffe vorzunehmen sind, um der Gefahr zu entrinnen. Wird z. B. ein Schiff in den an den nördlichen Theil der heissen Zone grenzenden oder in den nördlich von dem Nordostpassat liegenden Gegenden, z. B. östlich von den nordamerikanischen Freistaaten, von einem Sturme überfallen, so weiss der Capitän, dass der Mittelpunkt des Sturmes von *SW* nach *NO* fortschreitet und der Wirbel sich im Sinne *S O N W* dreht. Gesetzt der Sturm beginne aus *O*, so liegt das Centrum des Wirbels in *S*. Um aus dem Bereiche des Sturmes zu kommen, ist das Beste, nach Westen zu steuern. Liesse sich das Schiff von dem Sturme treiben, so würde die Richtung der Windfahne bald *NO* werden und mit dem Nordoststurme könnte der Cours nach Westen genommen werden. Hat das Schiff eine Bestimmung nicht nach Westen und will der Capitän nicht westwärts gehen, so bleibt ihm nur übrig beizudrehen und auf derselben Stelle auszuharren. — Wäre die Richtung der Windfahne beim Beginne des Sturmes *SO*, so würde das Centrum des Wirbels in *SW* liegen und das Schiff sich gerade vor dem Wirbel in der Fortschreitungsrichtung, also an der gefährlichsten Stelle befinden. Lässt sich das Schiff einige Zeit von dem Sturme treiben, so wird die Windrichtung bald *OSO* werden und das Vortheilhafteste ist dann, den Cours nach *NW* zu nehmen, um möglichst bald aus dem Bereiche des Wirbels zu gelangen. — Beginnt der Sturm mit *SSO*, so liegt das Centrum in *WSW*. Das Beste ist, mit dem Sturme zu treiben, bis er aus *SO* kommt, und wie vorher nach *NW* zu steuern. — Bei mit *S* beginnendem Sturme, wo das Centrum in *W* liegt, würde es am vortheilhaftesten sein, beizudrehen oder mit dem Sturme zuerst zu gehen, bis er eine mehr östliche Richtung annimmt, und dann nach *N* zu steuern. — Wird das Schiff von einem Sturme aus *SW*, wo also das Centrum in *NW* liegt, getroffen, so wird die Windrichtung bald mehr südlich und das Schiff steuert, wenn es nicht beidrehen will, am zweckmässigsten nach *NO*. — Vergegenwärtigt man sich die Fortschreitungsrichtung des Wirbels und in welchem Sinne die Rotation erfolgt, so wird ein Capitän leicht das Zweckmässigste zu treffen wissen. Das Gesetz hat bereits sich segensreich erwiesen und manches Schiff und Menschenleben gerettet.

Zu diesen, die Stürme der Tropen und in den an diese angrenzenden Gegenden betreffenden Verhältnissen fügen wir nur noch eine Bemerkung über die im Centrum des Wirbels herrschende Windstille. Der Augenblick, in welchem diese Windstille eintritt, soll so fürchterlicher Art sein, dass es gar nicht zu schildern sei. Man hat den Vergleich aufgestellt mit einer Todtenstille und mit dem Tode nach den schrecklichsten Convulsionen. Das Herz des unerschrockensten Matrosen soll alsdann mit ängstlicher Spannung erfüllt sein. Es tritt der niedrigste Barometerstand ein, den man während des Sturmes überhaupt beobach-

tet, und meistens eine kurze Aufhellung, welche die Seeleute das Auge des Sturmes, die Spanier *Abra ojo*, die Portugiesen *Abrolho* nennen. Ringsherum liegt dann eine dicke dunkle Wolke, im Zenith ist es hell, so dass man des Nachts die Sterne sieht. Bald darauf beginnt der Sturm von Neuem, um die zweite Hälfte seiner zerstörenden Arbeit zu verrichten.

In den Gegenden, welche in grösserer Entfernung von dem Aequator als diejenigen liegen, auf welche sich das Vorhergehende bezieht, sind die Verhältnisse nicht so einfach; wiewohl auch ausserhalb der Tropen keine Willkür herrscht. Die Stürme können hier in den verschiedensten Formen auftreten, als Wirbelstürme und als strömende Stürme oder Gales. Es ist hier noch Mancherlei zu erforschen. Wir begnügen uns daher mit der Bemerkung, dass hier auftretende Wirbelstürme in der Regel bereits abgeschwächte Wirbel sind, die über die gewöhnliche Grenze hinausgegangen sind. Daher sind diese Stürme auch nicht so verderbenbringend wie in den Tropen. Vergl. überdies Art. Sturmsignal.

Sturmfluth, s. Art. Ebbe. S. 238.

Sturmsignal nennt man einen Apparat, welcher einen zu erwartenden Sturm melden soll. Admiral Fitz-Roy brachte 1859 auf der Versammlung britischer Naturforscher zu Aberdeen Vorschläge zur Sprache, die electrische Telegraphie für die Meteorologie nutzbar zu machen. Im Allgemeinen kann man eine Aenderung des Wetters, namentlich herannahende Stürme, auf einen oder zwei Tage vorhersagen, und selbst wenn die Veränderungen der meteorologischen Instrumente ganz plötzlich eintreten, bleibt doch noch immer Zeit zur Benachrichtigung in ferner liegende Gegenden. Die wissenschaftliche Meteorologie zieht aus solchen Mittheilungen bedeutenden Nutzen, aber auch die Schifffahrt entschiedenen Gewinn. Das Londoner Bureau sendet täglich Berichte an das Ministerium und an die Sternwarte zu Paris und um 11 Uhr Mittags speciell für die französische Küste nach Calais; ausserdem noch besondere Nachrichten über bevorstehende Stürme. Andere Staaten haben sich dem bereits angeschlossen. Die ersten meteorologischen Zeichen erschienen zuerst 1861 in den Häfen. Durch den Telegraphen wird die betreffende Mittheilung gemacht und die Botschaft durch Estaffette zur nächsten Küstenwachtstation befördert, damit die Signale aufgehisst werden. Die Sturmsignale bestehen aus einer Trommel und zwei Kegelspitzen. Die sogenannte Trommel ist ein mit schwarzem Persenning überzogenes Gestell in cylindrischer Gestalt, so dass sie aus der Ferne gesehen stets die Figur eines regelmässigen Vierecks zeigt, während die beiden Kegel als Dreiecke erscheinen. Der Durchmesser beträgt 3 Fuss, die Höhe etwa $3^1/_2$ Fuss. An die Spitze der Flaggenstange kommt der eine Kegel, darunter die Trommel und unter diese der zweite Kegel. Durch Combination dieser drei Bestandtheile werden

alle Signale hergestellt, welche sich auf die Richtung eines herannahenden Sturmes beziehen. Die Trommel allein aufgezogen bedeutet einen Sturm aus südlicher Richtung (*SO* bis *SW*); die Spitzen nach oben bedeutet nördliche Richtung (*NO* bis *NW*); die Spitzen nach unten östliche Richtung (*SO* bis *NO*); Trommel mit oberer Spitze westliche Richtung (*SW* bis *NW*) etc. Jedes Zeichen bedeutet Sturm. In Preussen sind Sturm-Warnungs-Signale mit rothen Körben seit 1. Mai 1865 an der Ostseeküste eingeführt worden.

Sturzlampe oder Flaschenlampe (s. d. Art.).

Subjectiv. Wegen der subjectiven Farbenerscheinungen s. Art. Farbe. S. 310.

Sublimat, **Sublimation**, **Sublimiren**: Die Trennung ungleich flüchtiger Stoffe mittelst Temperaturerhöhung und darauf erfolgender Abkühlung, so dass der flüchtigere Stoff sich in dem kälteren Theile des Apparates aus dem luftförmigen Zustande sofort in den starren niederschlägt, nennt man eine Sublimation, oder man sagt, man habe den betreffenden Stoff, den man das Sublimat nennt, sublimirt. Im Allgemeinen sublimirt man mittelst der Retorte und kalter Vorlage, hat aber auch zum Theil zu besonderen Zwecken besondere Sublimirapparate. Sublimirter Schwefel heisst Schwefelblume. Schnee ist eigentlich sublimirtes Wasser, während Regenwasser als destillirtes anzusehen ist. S. auch Art. Dampf. S. 175.

Sucher oder Kometensucher, s. Art. Fernrohr. S. 320.

Süd, **Süden**: oder Südpunkt heisst der Durchschnittspunkt des Meridians (s. d. Art.) mit dem Horizonte an der dem Südpole zugekehrten Seite des Himmels. Er ist einer der vier Cardinalpunkte des Horizontes; vergl. Art. Himmelsgegenden.

Süder-Sonne ist nach der Ausdrucksweise mancher Seeleute soviel wie 12 Uhr Mittags; ebenso Oster-Sonne 6 Uhr Morgens; Wester-Sonne 6 Uhr Abends und Norder-Sonne 12 Uhr Mitternachts. Ausserdem vergl. Art. Norder-Sonne.

Südlicht oder Australschein, s. Art. Polarlicht.

Südostpassat heisst der südlich von der Region der Calmen (s. d. Art.) wehende Passatwind. Vergl. Art. Wind.

Südpol der Erde ist das südliche Ende der Erdaxe.

Südpol des Magnets heisst der Magnetpol, welcher auf dem südwärts gerichteten Ende der Axe einer Magnetnadel liegt. In französischen Werken wird der auf dem nordwärts gerichteten Ende dieser Axe liegende Pol Südpol des Magnets genannt, welchen wir Nordpol des Magnets nennen, womit die Franzosen wieder unsern Südpol bezeichnen. Vergl. Art. Magnetismus der Erde.

Südpunkt, s. Art. Süd.

Südwestmonsun, s. Art. Nordostmonsun.

Summationston nennt Helmholtz einen Combinationston (s. d.

Art.), dessen Schwingungszahl der Summe der primären Töne gleich ist. Giebt man zuerst den höheren der zu combinirenden Töne und dann den tieferen an, so tritt der Summationston als ein höherer Ton hervor. Orgelpfeifen sind zur Erzeugung dieser Töne geeignet und zwar muss man das Ohr den Mundstücken der Pfeifen nähern.

Summen, das, der Insecten während des Fluges schreibt Chabrier besonderen Organen zu, die als kleine Punkte am Thorax wahrzunehmen sind, und von denen einige als Oeffnungen in einer convexen Membran erscheinen und mit freischwingenden Schuppen versehen sind. Andere finden die Ursache des Geräusches ausschliesslich in den Schwingungen der Flügel, weil der Ton allmälig abnehme, sowie man die Flügel verkürze. Bei einer blauen Schmeissfliege dauerte das Summen fort, als die Flügel mit Wachs zusammengeklebt wurden, und löste man die erwähnten Schalldeckel vorsichtig ab, so flog das Insect ohne Geräusch. Dies spräche für Chabrier, indessen ist es wohl möglich, dass bei einigen Insecten das Summen wirklich vom schnellen Flügelschlage herkommt, da auch Vögel ein Geräusch dieser Art beim Fliegen erregen.

Sumpf kommt in der Technologie als Bezeichnung für Wasserraum bei Pumpen vor.

Suoggilawinen von Suoggen, d. h. langsam herabgleiten, s. Art. Lawine.

Suppe, Rumford'sche, s. Art. Rumford'sche Suppe und Digestor.

Surf ist eigentlich die englische Bezeichnung für Widersee (s. d. Art.). Die Franzosen sagen dafür Ressac.

Symmer's Hypothese über das Wesen der Electricität, s. im Art. Electricität. S. 258.

Symmorphose nennt Liebig diejenige Art der Metamorphose (s. d. Art.), bei welcher zwei oder mehrere einfachere Atome zu einem Atome höherer Ordnung zusammentreten.

Symperielectrisch nannte man früher die anelectrischen Körper (s. Art. Anelectrisch), wenn sie isolirt durch Mittheilung in den electrischen Zustand versetzt waren.

Symphonium hat Wheatstone ein dem Aeolodikon (s. d. Art.) ähnliches Instrument genannt.

Sympiezometer ist der Name für zwei verschiedene Instrumente, von denen das eine das Barometer ersetzen soll, das andere zum Nachweise der Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten dient. Wegen des Letzteren vergl. Art. Piezometer. Das Erstere beruht auf dem Mariotte'schen Gesetze, dass nämlich bei gleichbleibender Temperatur das Volumen der permanenten Luftarten im umgekehrten Verhältnisse mit dem darauf lastenden Drucke steht. Adie construirte ein Sympiezometer, indem er in einer Glasröhre Wasserstoffgas durch Mandelöl, welches durch die Wurzel der Ochsenzunge (*Anchusa*) gefärbt

war, absperrte. Aus der Volumenänderung des Wasserstoffgases wird auf die Aenderung des Luftdruckes geschlossen. Das Instrument, welches sich vor dem Barometer allerdings dadurch auszeichnet, dass es einen kleinen Raum einnimmt, weniger zerbrechlich und bequemer ist, steht demselben doch wesentlich wegen des bedeutenden Einflusses der Temperatur nach. Forbes hat das Instrument zu verbessern gesucht; es hat jedoch nur als Schiffsbarometer hier und da Benutzung gefunden und auch da ist es in neuerer Zeit durch das Aneroid-Barometer (s. Art. Barometer. S. 75) verdrängt worden.

Synaphie nennt Frankenheim das Benetztwerden eines festen Körpers durch eine Flüssigkeit, und Prosaphie das Nichtbenetztwerden. Die Haarröhrchenwirkungen sind also im ersten Falle Erscheinungen der Synaphie, im zweiten der Prosaphie.

Syzygien (der Bedeutung nach „Verbindung“) nennt man diejenigen Stellungen der Planeten und des Mondes, in welchen dieselben mit der Erde fast in gerader Linie stehen. Der Mond steht also bei Neumond und Vollmond in den Syzygien.

T.

Tachometer, s. Art. Hydrotachometer.

Tachopyrion, d. h. Schnellfeuermacher, ist das pneumatische Feuerzeug, s. Art. Feuerzeug. S. 335.

Tactmesser oder Metronom (s. d. Art.).

Tänzer, schottischer, heisst eine kleine Figur, die auf der hohlen Seite eines convexen Uhrglases oder auf der ebenen Fläche eines planconvexen Glases steht. Benetzt man eine Glasscheibe oder einen flachen Teller mit Wasser und stellt den Tänzer mit der convexen Fläche seiner Basis darauf, so beginnt derselbe zu tanzen, sobald man die nasse Fläche schief hält. Die durch Adhäsion zwischen den beiden sich berührenden Flächen befindliche Wasserschicht sinkt etwas herab, der Schwerpunkt der convexen Basis kommt über den Unterstützungspunkt zu liegen, und da die adhärirende Flüssigkeit das Herabgleiten hindert, so erfolgt eine Umdrehung um den Unterstützungspunkt. Die adhärirende Basis sinkt zwar hierdurch etwas herab, allein da die Bedingung des Umdrehens stets aufs Neue wieder erzeugt wird, so dauert dasselbe ohne Unterbrechung fort, so lange man durch eine schickliche Veränderung der Neigung sie unterhalten will.

Tänzer bei Springbrunnen sind kleine Blechpuppen, welche auf dem Wasserstrahle tanzen. Die möglichst leichten Puppen haben ein trichterförmig nach unten erweitertes Kleid, auf dessen Innenseite etwa 3 von oben nach unten gerichtete Blechstreifen mit einer Längsseite angelöthet sind, während die andere frei bleibt, so dass die Streifen gegen die Kleidfläche und zwar alle in gleichem Sinne geneigt sind. Dringt der Wasserstrahl in die von dem Streifen gebildeten Spalten, so erhalten die Streifen einen Stoss seitwärts und die Puppen gerathen in Drehung.

Täuchel nennt man hier und da die Röhren bei Wasserleitungen.

Täuschungen oder falsche Auffassungen können bei allen Sinneseindrücken vorkommen; am häufigsten sind aber die Augentäuschungen oder Gesichtsbetrüge, die meistens ihren Grund in einer unrichtigen Schätzung der Entfernung oder in einer falschen Auffassung der sonst massgebenden Anhaltepunkte haben. Hierüber enthält Art. Sehen das Wesentlichste, vergl. auch Art. Nebel. S. 158. Zu den Täuschungen gehört ferner, dass man oft eine scheinbare Bewegung für eine wirkliche nimmt. Hierüber vergl. Art. Bewegung. S. 86. Als Beispiel für Täuschung des Gefühlssinnes möge Folgendes gelten. Legt man den Mittelfinger über den Zeigefinger, so dass die Spitzen neben einander liegen, und bewegt darauf beide Fingerspitzen über einer kleinen Kugel, so dass beide gleichzeitig diese berühren, so erhält man das Gefühl, als ob zwei Kugeln vorhanden wären. Man kann den Versuch mit der Nasenspitze als Kugel anstellen. Die Erscheinung erklärt sich daraus, dass, wenn man die Finger der rechten Hand nimmt, dann die rechte Seite des Mittelfingers neben der linken des Zeigefingers liegt. Erfahrungsgemäss können diese beiden Seiten bei gewöhnlicher Lage der Finger nur dann gleichzeitig einen Eindruck erhalten, wenn jeder Finger etwas Anderes berührt, folglich wird in diesem Falle bei der abnormen Lage der Finger derselbe Eindruck hervorgerufen. — Hierher gehört auch folgender Versuch von E. H. Weber. Nimmt man einen stumpf abgeschliffenen Zirkel mit cylindrischen Schenkeln, öffnet ihn 3/4 Zoll weit und berührt mit den Enden die Haut am hinteren Theile des Jochbeines in querer Richtung, so empfindet man nur eine Berührung oder glaubt wenigstens wahrzunehmen, dass die Enden des Zirkels einander sehr nahe wären. Je mehr man sich aber der Mitte der Oberlippe nähert, desto weiter scheinen die Zirkelspitzen von einander abzustehen und desto deutlicher empfindet man die doppelte Berührung. Am weitesten scheinen die Zirkelspitzen von einander abzustehen, wenn die Mitte der Oberlippe zwischen ihnen liegt. Aehnlich ist es, wenn man die Zirkelspitzen in verticaler Lage zu einander vom Ohre nach den Lippen hinführt. Weber nimmt an, dass, wenn zwei sonst gleiche Eindrücke gleichzeitig denselben elementaren Nervenfaden an verschiedenen Orten treffen, nicht zwei Empfindungen entstehen, sondern nur eine, und meint, die Haut scheine in kleine Empfindungskreise getheilt zu sein,

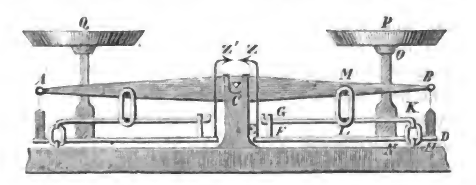
von welchen jeder seine Empfindlichkeit einem einzigen elementaren Nervenfaden verdankt, der wahrscheinlich den ganzen Empfindungskreis, dem er angehört, dadurch empfindlich machen kann, dass er entweder sich vielfach in Schleifen hin- und herbeugt und mit vielen Punkten des Empfindungskreises in Berührung kommt, oder dadurch, dass er sich in Aeste theilt, oder endlich auf beide Weisen zugleich. — Unsere Sinneswerkzeuge sind mehr oder weniger unvollkommen. Daher können wenigstens insofern Täuschungen entstehen, als man zwei Eindrücke für gleich hält, die es in der That nicht sind. Gewichte, die sich wie die Zahlen $14^1/_2 : 15$ oder $29 : 30$ verhalten, unterscheidet man nur mit grosser Mühe, wenn dieselben nach einander auf die nämlichen Glieder der auf dem Tische ruhenden Finger gelegt werden. Durch das Gemeingefühl der Muskeln unterscheidet die Mehrzahl der Menschen schon zwei Gewichte, die sich wie 39 zu 40 verhalten.

Sinnestäuschungen in Folge eines krankhaften Zustandes können hier nicht in Betracht kommen.

Tafel {electrische / Franklinsche} ist ein von Franklin (1747) angegebener Apparat zum Nachweise der Wirkungsweise der electrischen Flasche (s. Art. Flasche, electrische). Zu dem Apparate gehört eine Glastafel von etwa 12-Zoll Seite im Quadrate, die ringsherum einen mit Lack überzogenen, wenigstens 1 Zoll breiten, Rand hat, und ausserdem 4 Metallplatten (Zinkplatten), welche der freien Glasfläche an Grösse gleichkommen, am Rande und an den Ecken abgerundet sind, und von denen zwei in der Mitte mit isolirenden Handgriffen versehen sind. Legt man eine der Metallplatten, welche keinen Handgriff haben, auf den Tisch, bringt sie mit der Erde in leitende Verbindung, legt die Glasplatte darauf und auf diese eine Metallplatte mit Handgriff und lässt auf die obere Metallplatte electrische Funken schlagen, so wird diese Combination gerade so geladen wie eine electrische Flasche; denn sie stellt eine solche in ebener Form vor. Dies zeigt sich, sobald man die Entladung vornimmt. Die Erklärung ist wie im Art. Flasche, electrische. S. 345. Bringt man die hierbei gebrauchte Glasscheibe unter möglichst schnellem Wechsel in gleicher Anordnung zwischen die beiden noch übrigen Metallplatten, so zeigt sich bei einem Entladungsversuche nochmals ein kleiner Schlag. Dies ist ein Beweis, dass die Glasplatte bei der Ladung eine electrische Vertheilung erfahren hat, und dass dieselbe nach dem Wechsel der Metallplatten auf die neuen Platten vertheilend — ähnlich der Wirkung des electrisch gemachten Harzkuchens des Electrophor (s. d. Art.) — gewirkt hat. Wegen der Schläge einer electrischen Flasche in Folge des Residuums, s. Art. Flasche, electrische. S. 346.

Tafelwaage heisst eine Waage, bei deren Construction das Roberval'sche Princip (s. Art. Roberval'sche Waage) in Anwendung gebracht ist. Da diese Waage jetzt sehr verbreitet ist, so geben wir

hier eine Zeichnung von derjenigen Construction, in welcher Beranger in Lyon dieselbe ausgeführt hat. Die Waage ist in beiden Hälften symmetrisch gebaut: *ACB* ist der Waagebalken mit der Welle *C*, ausserdem sind noch auf jeder Seite je zwei Hebel *DE* und *GK*, von



denen *DE* sich nur parallel mit sich selbst auf- und abbewegen kann. Diese letzte Bedingung ist einer der wesentlichsten Punkte und wird auf folgende Art erreicht. Die Waageschaale *P*, getragen von *NO*, steht mit *DE* bei *N* in fester Verbindung; eine Last in der Schaale zieht daher bei *B* den Waagebalken herab, da *DE* und *B* mit einander in Verbindung stehen und *DE* herabgedrückt wird. Der Hebel *GK* wird durch den langgezogenen Ring *ML* von dem Waagebalken getragen und bei *K* durch den an dem Gestelle bei *H* befestigten Ring *HK* gehalten. Da nun bei *G* der Hebel *DE* mittelst *FG* an dem Hebel *KLG* hängt, so muss, wenn der Arm *BC* bei *B* herabgeht, auch *L*, folglich auch *F* abwärts gehen, und zwar wird *DE* parallel mit sich selbst bleiben, wenn *F* und *D* immer einen gleich grossen Weg zurücklegen, was der Fall sein wird, sobald bei horizontaler Lage der Linie *CB* auch *GLK* und *DE* horizontal sind, *M* in der Mitte zwischen *B* und *C* liegt und *LG* = *LK* ist. Die Stelle *N*, an welcher die Schaale *P* auf *DE* befestigt wird, ist dann nach dem Roberval'schen Principe gleichgültig. An den Hebeln *DE* sind die Zeiger *Z* und *Z'* bei *E* befestigt; stehen dieselben bei horizontaler Lage von *ACB* einander gegenüber, so zeigen sie auch dann gleiche Belastungen in *P* und *Q* an, wenn sie mit ihren Spitzen einander entgegenstehen. Diese Waagen sind bequem, weil man durch keine, die Schaalen haltenden Ketten beim Auflegen des abzuwägenden Gegenstandes auf die Schaale gehindert wird; zu feineren Abwägungen sind dieselben indessen wegen der grossen Reibung an den Verbindungsstellen der einzelnen Hebel nicht geeignet.

Tag und **Nacht**. Das Wort Tag nimmt man in doppeltem Sinne, nämlich erstens als Zeit einer scheinbaren Umdrehung des Himmels und zweitens als die Zeit, während welcher die Sonne über dem Horizonte eines Ortes steht. In der ersten Bedeutung unterscheidet man wieder den astronomischen und den bürgerlichen Tag. Der astronomische Tag ist der Sterntag, d. h. die Zeit, welche die Erde zur Umdrehung gebraucht, von der Culmination eines Fixsternes oder des Früh-

lingspunktes bis zur nächsten Culmination desselben. Er ist von unveränderlicher Länge, was bei dem Sonnentage (s. Art. Sonnenzeit) nicht der Fall ist, und wird in 24 Stunden eingetheilt, welche die Astronomen von Mittag an zu zählen pflegen. Der bürgerliche Tag hält ebenfalls 24 Stunden, wird aber gewöhnlich von Mitternacht mit 12 Stunden bis Mittag und von da ab wieder mit 12 Stunden bis Mitternacht gezählt. In Italien zählt man von einem Sonnenuntergange bis zum nächsten bis 24 Stunden. Der Tag im zweiten Sinne bildet den Gegensatz zur Nacht und ist an verschiedenen Orten der Erde zu derselben Zeit und ebenso an demselben Orte in verschiedenen Zeiten von ungleicher Länge. — In der Astronomie bedeutet Nacht die Zeit von einem Sonnenuntergange bis zum nächsten; im bürgerlichen Leben wird noch Rücksicht genommen auf die Dämmerung (s. d. Art.), so dass hier die Nacht kürzer gerechnet wird, als dort geschieht. Nach astronomischer Bestimmung ist nur unter dem Aequator Tag und Nacht stets gleich lang. Dies gilt für die übrigen Orte der Erde nur für die Zeit der beiden Nachtgleichen. Auf der nördlichen Halbkugel ist der längste Tag eines jeden Ortes, wenn die Sonne im Wendekreise des Krebses steht, und der kürzeste Tag, wenn sie sich im Wendekreise des Steinbockes befindet. Für die südliche Halbkugel ist es gerade umgekehrt. Je näher man den Polen kommt, desto länger dauert der längste Tag und ebenso die längste Nacht. Von den Polarkreisen bis zu den Polen giebt es Tage und Nächte, welche länger als 24 Stunden dauern und zwar mit zunehmender Länge, je näher der betreffende Ort dem Pole liegt, so dass am Pole selbst nur ein Wechsel stattfindet von einem Tage, welcher 6 Monate dauert, und einer Nacht von gleicher Länge.

Tagblindheit oder Nachtsehen, s. Art. Lichtscheue.

Tagebogen. } **Tagekreis.** } Da sich jeder Stern des Himmels im Laufe eines Tages scheinbar einmal um die Erde herumbewegt und dabei einen Parallelkreis beschreibt, so werden die Parallelkreise auch Tagekreise genannt, und zwar heisst derjenige Bogen dieses Kreises, welcher über dem Horizonte liegt, der Tagebogen des Sternes. Der Tagebogen derjenigen Sterne, welche vom Pole weniger abstehen, als die Polhöhe des Ortes beträgt, ist 360°; für die Sterne, für welche dasselbe in Bezug auf den anderen Pol gilt, ist der Tagebogen = 0.

Tageshelle, die, hat ihren Grund in einer Reflexion und Diffusion des Lichtes der Sonne innerhalb der Atmosphäre. Bei vollkommen durchsichtiger Luft müsste uns das Himmelsgewölbe vollkommen schwarz erscheinen, selbst wenn die Sonne über dem Horizonte steht. Je grösser die Durchsichtigkeit der Luft ist, desto kräftiger wirken zwar die Sonnenstrahlen auf die Erde, aber desto geringer ist die allgemeine Tageshelle, z. B. bei ganz reinem Himmel geringer, als bei einer Bedeckung mit dünnem Gewölk. Die Reflexion und Diffusion der Sonnen-

strahlen in der Atmosphäre ist auch der Grund, weshalb es an Orten hell ist, welche von den Sonnenstrahlen nicht direct getroffen werden.

Tageslänge, s. Art. Tag.

Tag- und **Nachtgleichen**, s. Art. Nachtgleichen.

Tagsehen oder Nachtblindheit, s. Art. Hühnerblindheit.

Tagwind, s. Art. Thalwind.

Talbot'sche Linien heissen dunkle Linien, von welchen das Spectrum durchzogen erscheint, wenn man Interferenzfarben höherer Ordnung prismatisch zerlegt. Je grösser der Gangunterschied der beiden interferirenden Lichtbündel wird, in desto grösserer Anzahl erscheinen die Linien. Wie es scheint, hat Wrede diese Linien zuerst beobachtet. Er bog ein dünnes Glimmerblättchen so, dass es ein Stück einer Cylinderfläche bildete, und stellte dasselbe mit seiner Axe vertical. Das Spiegelbild einer Lampenflamme erscheint in dieser Fläche als eine verticale Lichtlinie; betrachtet man nun diese Linie durch ein Prisma, so erscheinen die dunklen Linien im Spectrum in grosser Zahl und zwar sind sie schon mit blossem Auge wahrnehmbar, wenn das Glimmerblättchen sehr dünn ist. Es ist hier ein Interferenzphänomen die Basis, denn die Lichtlinie ist durch Interferenz zweier Lichtbündel erzeugt, von denen das eine durch Reflexion auf der vorderen, das andere auf der hinteren Fläche des Glimmers entstanden ist. Talbot nahm diese Linien wahr bei der Betrachtung des Spectrums im Fernrohre, als er ein dünnes Glimmerblättchen von der Seite des Violett her so vor das Auge schob, dass es die halbe Pupille bedeckte. Das Lichtbündel, welches das Glimmerblättchen durchlaufen hatte und dadurch verzögert war, kam hier mit demjenigen zur Interferenz, welches neben dem Glimmerblättchen vorbei in das Auge gedrungen war. — Es sind diese Linien mit ein Beweis, dass die Farben dünner Krystallblättchen zusammengesetzte sind. Man setze zwei Nicol'sche Prismen vor die enge Spalte, durch welche Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer gelangt. Zwischen beide Nicols lege man ein Gypsblättchen, dessen Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene beider Prismen bildet. Fällt alsdann das durchgegangene Licht auf ein Prisma in der Weise wie bei der Erzeugung der Fraunhofer'schen Linien (s. Art. Linien, Fraunhofer'sche), so erhält man ein Spectrum mit verschiedenen Farben und den Talbot'schen Linien. — Esselbach hat die Talbot'schen Linien benutzt, um die Wellenlängen der ultravioletten Strahlen zu bestimmen (s. Poggend. Annal. Bd. 98. S. 513.).

Talent als das im Alterthume gebräuchliche Gewicht war von sehr verschiedenem Werthe. Nach Romé de l'Isle hielt das attische oder korinthische grosse Talent 54 Pfd. 11 Unzen; das kleine attische oder gemeine 41 Pfd. 2 gros; das äginetische 91 Pfd. 2 Unz. 2 gros 48 grains; das alexandrinische 82 Pfd. 4 gros; das von Rhegium

68 Pfd. 5 Unzen 6 gros; das italienische oder *Centumpondium* der Römer 65 Pfd. 10 Unzen; das babylonische 47 Pfd. 13 Unzen 5 gros; das ägyptische oder rhodische 27 Pfd. 5 Unzen 4 gros: das syrische oder ptolemäische 13 Pfd. 10 Unzen 6 gros. Jedes Talent wurde in 60 Minen getheilt.

Tambourin, das, ist ein Lärminstrument, wie die Trommel, und wird namentlich zur Markirung des Rhythmus gebraucht. Es besteht aus einem hölzernen, mit einem angespannten Felle überzogenen Reifen, der häufig mit Klingeln besetzt ist, und wird mit dem Fingerrücken geschlagen.

Tam-Tam oder Gon-Gon (s. d. Art.), auch chinesisch Tchoung genannt.

Tangentenboussole ist ein Galvanometer zur Messung starker galvanischer Ströme. Ueber die Ableitung der Proportion, auf welche sich diese Art von Galvanometern gründet, ist Art. Sinusboussole zu vergleichen. Allgemein erhält man $s : s_1 = \frac{sin\,(a + x)}{cos\,x} : \frac{sin\,(a_1 + x_1)}{cos\,x_1}$: bei der Tangentenboussole wird nun der Versuch so eingerichtet, dass jedesmal $a = 0$ wird, und daher gilt für dieselbe die Proportion $s : s_1 = \frac{sin\,x}{cos\,x} : \frac{sin\,x_1}{cos\,x_1} = tgs\,x : tgs\,x_1$. Die specielle Einrichtung des Instrumentes ist folgende. Aus einem starken kupfernen Streifen von etwa 1 Linie Dicke und 6 bis 10 Linien Breite wird ein 10 bis 12 Zoll im Durchmesser haltender Kreis gebildet, dessen Enden nicht zusammengelöthet, sondern geradlinig abgebogen sind. Diese beiden Enden werden durch zwischengelegte Seide oder durch ein gefirnisstes Brettchen, welches mit dem Kupferstreifen gleiche Breite hat, isolirt, dann durch einen Holzcylinder gesteckt und durch eingelegte Holzstückchen in diesem so befestigt, dass sich das Ganze noch in dem Cylinder drehen lässt. Der Holzcylinder hat drei Füsse mit Stellschrauben und zwischen diesen ragen die hervortretenden und da umgebogenen Enden des Kupferstreifens heraus, so dass man an denselben die Schliessungsdrähte des zu untersuchenden Stromes befestigen kann. Die untere Hälfte des Kupferringes wird — wie beistehende Figur zeigt — durch ein Holzstück *A* ausgefüllt, dessen obere Seite im horizontalen Durchmesser des Ringes, liegt und da zur Aufnahme einer Boussole *D* mit einer nur 1 Zoll langen Magnetnadel vertieft ausgeschnitten ist. Der Boden der Boussole ist zur Vermeidung der Parallaxe beim Ablesen ein Glasspiegel; der Durchmesser des Nullpunktes



liegt in der Ringebene. Beim Gebrauche wird der Ring so gedreht, dass die Nadel auf Null zeigt. Um dies besser beobachten zu können, bringt man zweckmässig senkrecht auf der Nadel in ihrem Drehpunkte einen horizontalen Drahtstift an, der bei richtiger Stellung dann auf 90 und 270 stehen muss, wenn sein Bild und er selbst in einer verticalen Ebene liegen. Beim Ablesen der Ablenkung ist ebenfalls darauf zu sehen, dass die Nadel genau ihr Bild deckt.

Nach Untersuchungen von Despretz gilt die oben aufgestellte Proportion nur, wenn die Magnetnadel unendlich klein oder der Ring unendlich gross wäre. Er hat eine Formel aufgestellt, in welcher das Verhältniss der Grösse der Nadel und des Ringes Berücksichtigung gefunden hat. Bei einer Boussole mit einem Ringe von 1 Meter Durchmesser und einer Nadel von 3 Centimetern Länge erhielt er auf 20 bis 80 Grad nicht mehr als 2 Minuten Unterschied. Da die grossen Boussolen unbequem sind, so schlägt er vor, den Ring aus 4 durch ein seidenes Band isolirten Metalldrähten zu bilden. Gaugain und Bravais haben die Nadel aus der Ebene des vom Strome durchlaufenen Kreises herausgesetzt, doch so, dass die Mitte der Nadel immer in der auf der Mitte des Kreises errichteten Perpendicularen bleibt. Wenn dann die Nadelmitte von der Mitte des Kreises in einer Entfernung gleich $^1/_4$ des Durchmessers des Kreises ist, so soll genaue Proportionalität eintreten. Gaugain's Ergebniss ist indessen nach Bravais' Rechnung noch nicht vollständig begründet. Auch eine Rechnung von V. Pierre führt zu demselben Resultate.

Tangentialkraft, s. Art. Bewegungslehre. IV. 8. S. 99.

Tantalus, künstlicher, } s. Art. Zauberbecher.
Tantalusbecher, }

Tanz, electrischer oder Erbsentanz, s. Art. Puppentanz.

Tartinischer Ton oder Combinationston (s. d. Art.)

Tartrimeter ist ein Instrument, um die Menge des in einer Auflösung enthaltenen Weinsteins zu messen.

Taschenbarometer von C. Brunner, s. Art. Manometer. S. 92.

Taschenchronometer, s. Art. Chronometer.

Taschenperspectiv oder Operngucker (s. d. Art.).

Tastapparat an Telegraphen, s. Telegraph. C.

Tastbar. } Jeder physische Körper besitzt Undurchdring-
Tastbarkeit. } lichkeit und wird daher durch den Tastsinn wahrnehmbar. Diese Eigenschaft der physischen Körper ist ihre Tastbarkeit und sie selbst heissen deshalb tastbar. Vergl. übrigens Undurchdringlichkeit und Imponderabilien.

Tastengyrotrop ist ein Stromwender (s. Art. Gyrotrop) in der

Form eines Thürdrückers, der aus isolirenden und leitenden Theilen zusammengesetzt ist und mit elastischen Federn in Verbindung steht. Die Einrichtung kann auf verschiedene Weise getroffen werden, je nachdem beim Niederdrücken nur ein zeitweiser Stromschluss erzielt, oder zwei unter sich getrennte, jedoch geschlossene Ketten zu einer einzigen geschlossen werden sollen etc. Der Morse'sche Schlüssel bei dem Morse'schen Telegraphen (s. Art. Telegraph) ist ein Tastengyrotrop.

Tastsinn ist der Sinn, durch welchen wir die Empfindung des Widerstandes der Körper erhalten und über die oberflächliche Beschaffenheit der Körper belehrt werden. Der Tastsinn hat seinen Sitz nur auf der Oberfläche unseres Leibes und ist nicht mit dem Gefühlssinn (s. d. Art.) zu verwechseln, dessen Organ das gesammte Nervensystem ist.

Taucher, Cartesianischer, s. Art. Cartesianischer Taucher.

Taucheranzug.
Taucherglocke.
Taucherkappe.
Legt man in eine Wallnuss- oder Eierschaale ein Stückchen Zucker, lässt dieselbe auf dem Wasser in einem Eimer schwimmen, stülpt ein Bierglas darüber und drückt dies möglichst tief in das Wasser, so findet man den Zucker noch trocken, wenn man nach einiger Zeit das Glas behutsam wieder emporhebt. Der Grund ist die Undurchdringlichkeit (s. d. Art.) des Wassers und der Luft. Ganz diesem Versuche gemäss verhält es sich mit der Taucherglocke. Man denke sich statt des Bierglases einen grossen glockenförmigen Behälter und statt des Eimers mit Wasser ein tiefes Gewässer. Die Taucherglocke, deren sich Edmund Halley bediente, war 8 Fuss hoch, unten 5 Fuss, oben 3 Fuss weit und schloss einen Raum von 63 Cubikfuss ein. Gewöhnlich verfertigt man die Glocke aus Holz und überzieht sie mit Blei, auch hat man sie schon ganz von Eisen gemacht. Am untern Rande wird sie mit Gewichten beschwert, damit sie bei dem Untertauchen nicht umschlägt, sondern immer mit dem Rande unten bleibt (s. Art. Hydrostatik. E. S. 475), und oben ist ein starkes Seil oder eine Kette befestigt. Gewöhnlich hängt die Glocke zwischen zwei Schiffen an dem Seile oder der Kette und lässt sich über einer Rolle auf und niederziehen. In der Glocke ist ein gitterartiger Boden und ausserdem geht innen ringsherum eine Bank zum Sitzen. Halley hielt sich mit 4 Personen auf dem Grunde der Themse bei einer Wassertiefe von 9 bis 10 Faden $1^1/_2$ Stunde lang auf. Um so lange unter Wasser bleiben zu können, erhielt Halley durch hinabgelassene und mit frischer Luft gefüllte Schläuche fortwährend neue, athembare Luft, während die bereits verdorbene durch einen Hahn am oberen Theile der Glocke herausgelassen wurde. Die leeren Schläuche wurden zugleich zu Mittheilungen an die auf dem Schiffe befindlichen Leute benutzt, indem mit ihnen die mit einem eisernen Griffel auf Blei geschriebenen Befehle emporgingen. Um in der Taucherglocke sehen zu

können, bringt man in dem oberen Theile derselben gewöhnlich einige starke Gläser an. Bei ruhigem Wasser kann man dann in der Glocke lesen und schreiben; bei bewegtem Wasser ist es in ihr ganz finster.

Auf dem Grunde angekommen geht der Taucher mit einem Gewichte beschwert, damit er nicht von dem Wasser in die Höhe gehoben wird, heraus und stellt seine Untersuchungen an. Hat er nöthig Athem zu schöpfen, so kehrt er in die Glocke zurück. Um noch etwas länger ausserhalb der Glocke bleiben zu können, setzt der Taucher auch wohl noch eine keine Bleiglocke, Taucherkappe, über den Kopf, welche an der vorderen Seite mit einigen starken Gläsern versehen ist und durch einen dichten Schlauch mit dem Innern der Glocke in Verbindung steht.

In neuerer Zeit presst man mittelst einer Compressionspumpe (s. Art. Compressionsmaschine) fortwährend durch einen an dem oberen Theile der Glocke angeschraubten Schlauch unausgesetzt frische Luft in dieselbe, so dass die ganze Glocke mit Luft gefüllt bleibt und fortwährend Blasen unter dem Rande derselben entweichen. Auch hat man besondere Taucheranzüge angefertigt, durch welche die Glocke entbehrlich wird, indem dem Taucher unmittelbar durch einen Schlauch mittelst einer Compressionspumpe Luft zugepresst wird. Diese Taucheranzüge bestehen aus einer Taucherkappe, an welche sich ein wasserdichter Anzug luftdicht anschliesst. Man fertigte sie früher mit zwei Schläuchen, von denen der eine die frische Luft zuführte, der andere die ausgeathmete ableitete; doch ist man in neuester Zeit davon abgekommen und hat einen Zuführungsschlauch ausreichend gefunden.

Bei der Perlen- und Schwammfischerei wird bis jetzt gewöhnlich noch ohne allen künstlichen Apparat getaucht. Die ostindischen Perlenfischer sollen bis zu einer Viertelstunde unter Wasser aushalten können und dies dadurch ermöglichen, dass sie einen in Oel getränkten Schwamm am Arme tragen, aus welchem sie noch Luft saugen können.

Wegen der Zusammendrückung, welche die Luft in der Tiefe unter der Oberfläche des Wassers erleidet (s. Art. Mariotte'sches Gesetz), geht man mit der Taucherglocke nicht leicht tiefer als 30 bis 40 Fuss. Die Dichte der Luft ist da bereits doppelt so gross als an der Oberfläche. Um in noch grössere Tiefen zu gehen, hat der sogenannte Submarine-Ingenieur Bauer einen wasser- und luftdichten Behälter construirt, der nach dem Principe des Cartesianischen Tauchers (s. d. Art.) in beliebiger Tiefe zum Schweben gebracht werden kann, und mittelst dessen es ihm gelungen ist, ein im Bodensee untergegangenes Dampfschiff aus einer Tiefe von etwa 600 Fuss zu heben und ans Land zu bringen. Der Zweck wird dadurch erreicht, dass auf dem Boden des Behälters drei grosse Kolbenrohre angebracht sind, welche durch eine Oeffnung im Boden mit dem Wasser communiciren. Soll der Behälter, der auf dem Wasser schwimmt, einsinken, so werden die Kolben vorwärts gezogen, so dass sich die Rohre mit Wasser mehr oder weniger füllen. Dadurch

wird das Gewicht des Behälters vermehrt und er muss tiefer sinken (s. Art. Hydrostatik. E. S. 474); soll hingegen der Behälter wieder steigen, so werden die Kolben wieder einwärts bewegt und das Wasser aus dem Cylinder wieder entfernt. Je mehr Wasser eingenommen wird. desto tiefer sinkt der Behälter. Der Unterschied von dem Verfahren bei dem Cartesianischen Taucher ist also nur der, dass bei diesem das Wasser in das Innere eingepresst, hier aber eingesogen wird.

Taucherkolben wird auch der Bramah-Kolben genannt: s. Art. Pumpe. e. S. 288.

Tausendgranfläschchen oder Mikroaräometer oder Pyknometer (s. d. Art.).

Tautochron heisst dieselbe Zeit gebrauchend und fällt daher in der Bedeutung mit isochron, d. h. gleich lange Zeit während, zusammen. Die Schwingungen des Cycloidenpendels (s. d. Art. und Pendel) sind z. B. isochron und tautochron.

Teifoon oder Tyfoon oder Typhon wird ein Wirbelsturm in den chinesischen Gewässern genannt: s. Art. Sturm.

Teinoskop nennt Brewster ein nach seiner Angabe construirtes Fernrohr. Hält man ein dreikantiges Prisma mit der brechenden Kante horizontal und sieht z. B. nach dem Fenster eines gegenüberstehenden Hauses, so wird man dies vertical verlängert oder verkürzt oder in natürlicher Länge erblicken, je nachdem man das Prisma um die horizontal liegenbleibende Kante dreht; dasselbe findet statt in Beziehung auf die horizontale Dimension, wenn man die brechende Kante vertical hält. Verbindet man nun zwei Prismen in der Stellung, bei welcher die Fensterscheibe in verticaler und horizontaler Dimension ausgedehnt erscheint. so erblickt man dieselbe und ebenso jeden anderen Gegenstand nach allen Richtungen hin vergrössert, so dass man gleichsam ein nur aus zwei Prismen gebildetes Fernrohr hat. Die Bilder erscheinen aber in Regenbogenfarben. Um diese zu entfernen, kann man achromatische Prismen nehmen, oder man stellt vor die Prismen eine Glasscheibe. welche nur einfarbiges Licht durchlässt, oder man macht die Prismen selbst aus einer solchen Glassorte. Ein solches Fernrohr nannte nun Brewster ein Teinoskop, weil die Dimensionen der durch dasselbe betrachteten Gegenstände ausgedehnt erscheinen.

Telegraph.
Telegraphie. A. Das Bedürfniss, sich gegenseitig Mittheilungen bei grösseren Entfernungen machen zu können. ist schon in den ältesten Zeiten, bis zu denen des trojanischen Krieges hinauf, empfunden worden. Es ging hieraus die Signalkunst und die Telegraphie, d. h. die Fernschreibekunst, hervor. Jene beschränkt sich auf in geringere Ferne wahrnehmbare Zeichen, denen man durch Uebereinkunft eine bestimmte Bedeutung gegeben hat und welche ganze Begriffe und Sätze umfassen; diese beruht auf Zeichen, welche die Bedeutung der Schriftzeichen haben und geeignet sind, jeden willkürlichen

Gedanken wiederzugeben. Die in der Signalkunst gebräuchlichen Zeichen werden gegeben entweder auf akustischem Wege durch Blasinstrumente (Signalhorn), durch Trommeln, durch Kanonen, oder auf optischem Wege durch Feuer, Raketen, Baaken, Flaggen etc. In der Telegraphie hat man die verschiedensten Naturkräfte zu benutzen gesucht und akustische, mechanische (eigentlich optische), pneumatische, hydrostatische und electrische Telegraphen, d. h. telegraphische Apparate, versucht, je nachdem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, des Lichts, des pneumatischen und hydrostatischen Druckes und der Electricität verwerthet wurde.

B. Von den verschiedenen Arten des Telegraphirens hat diejenige, welche sich auf Benutzung der Electricität gründet, in neuester Zeit den Sieg davon getragen. Die übrigen Arten haben nur noch ein historisches Interesse. Zu den akustischen Telegraphen gehört Jobard's Logophor, der sich auf die Fortleitung der menschlichen Stimme in unterirdischen Röhren gründete (um 1833). Optische Telegraphen findet man noch neben Eisenbahnen von einem Bahnwärter zum nächsten. — 1790 gab Chappe den Anstoss zu erfolgreicher optischer Telegraphie, so dass am 25. Juli 1793 von dem Convente zu Paris die Herstellung einer Telegraphenlinie decretirt wurde. Diese Telegraphen fanden nach und nach Eingang in fast allen europäischen Staaten. Die Einrichtung bestand in einer hohen weit sichtbaren verticalen Stange, an deren oberem Ende sich ein ungefähr 10 Fuss langer und 1 Fuss breiter Waagebalken um eine Axe so drehen liess, dass er mit der verticalen Stange alle möglichen Winkel bilden konnte. Man stellte den Balken horizontal oder vertical oder unten nach rechts oder links in einen Winkel von 45° zum Horizonte. Ferner befanden sich an den beiden Endpunkten dieses drehbaren Balkens zwei kürzere Balken oder Arme, die um den einen Endpunkt ebenfalls drehbar waren und gegen den Hauptbalken wieder in vier verschiedenen Winkeln eingestellt werden konnten. Wenn die Maschine arbeitet, so sind die Balken beinahe in steter Bewegung und bleiben nur so lange in einer bestimmten Stellung, als genügt, um von der nächsten Station verstanden zu werden. Lord Georg Murray construirte ein System, welches bis 1816 in England im Gebrauch blieb. Das Wesentlichste war ein thürartiges Gerüst, welches in 6, 9 oder 12 Felder eingetheilt war, und dessen Felder jalousieartig geöffnet werden konnten. Pasley's Polygrammatic-Telegraph (1807) und Home Popham's Semaphor (1816) waren Abänderungen von Chappe's Telegraphen. Robinson schlug einen Nachttelegraphen vor mit sechs oder zehn pyramidenförmig geordneten Gaslaternen, deren Flamme schnell gross und klein gemacht werden kann. Noch andere Vorschläge zu optischen Telegraphen übergehen wir umsomehr, da die vorstehenden die massgebenden Principien vorzugsweise repräsentiren und überdies doch nur noch auf Eisenbahnen sich eine theilweise Verwendung erhalten

hat. — Die pneumatischen und hydrostatischen Telegraphen sind untergeordneter Art. Rowley wollte z. B. 5 bis 6 Röhren von einer Station zur anderen legen, die einerseits mit einer Compressionspumpe in Verbindung stehen, andererseits in Wasser tauchen sollten. Durch die Compression der Luft in einer Röhre geräth das Wasser am anderen Ende in Bewegung und die Bewegung in der einen oder in der anderen Röhre dient nun als Zeichen. — Auch das Steigen und Sinken des Wassers in communicirenden Röhren, je nachdem die Luft in dem einen Schenkel verdichtet oder verdünnt wird, hat man benutzen wollen.

C. 1) Die electrische Telegraphie könnte man von da an datiren, wo man den Unterschied der electrischen Leiter und Nichtleiter kennen lernte; doch gehen die Nachrichten der Benutzung zu diesem Zwecke nicht über Winkler zu Leipzig (1746) hinaus. Seitdem ist der Gedanke nicht wieder in Vergessenheit gerathen und es knüpfen sich daran die Namen Lesage in Genf (1774), Lamond (1787), Reisser (1794), Salva (1798), Sömmering (1808) — dessen Vorschlag Napoleon I. als die unpraktische Idee eines Deutschen zurückwies —, Ritchie und Ampère (1830). Erst 1835 bis 1837 zeigte sich ein günstiger Erfolg durch die Bemühungen von Steinheil (1837), Gauss und Weber (1836), Baron Jaquin Schilling von Canstadt und Ettingshausen (1837).

Bei der electrischen Telegraphie handelt es sich zunächst um eine Electricitätsquelle, d. h. um einen Apparat, mittelst dessen man einen electrischen Strom in jedem Augenblicke erzeugen kann. Eine solche Electricitätsquelle bieten die sogenannten constanten Ketten oder Säulen (s. d. Art. und namentlich Säule, electrische). Eine zweite Bedingung ist eine isolirte Drahtleitung zwischen den in Verkehr tretenden Stationen. Diese besteht aus Kupfer- oder Eisendraht und wird oberirdisch von Stangen getragen, auf denen der Draht auf gläsernen oder porzellanenen Hütchen isolirt befestigt wird, liegt aber unterirdisch, oder wo dieselbe durch Wasser geht, in einer Hülle von Guttapercha. Das dritte Erforderniss ist ein Tastapparat zur beliebigen Schliessung und Unterbrechung des electrischen Stromes, also im Wesentlichen ein Commutator oder Gyrotrop oder Inversor (s. diese Art., den des Morse'schen Telegraphen s. unten). Endlich gehört als vierter Theil dazu der Zeichenapparat.

Je nach dem Zeichenapparate ist eine grosse Anzahl von electrischen Telegraphen zu unterscheiden. Wir können dieselben aber nicht einmal historisch alle anführen, so wie wir auch die Versuche übergehen, andere Arten der Electricität als die des galvanischen Stromes zu benutzen, in welcher Hinsicht wir nur noch den Inductions-Strom anführen, da dieser vielleicht Aussicht auf Verwendung haben dürfte. Durch die constanten Batterien sind eben alle anderen Arten der Electricitätserregung für die Telegraphie in den Hintergrund gestellt.

2) Als der vollkommenste aller electrischen Telegraphen gilt der Morse'sche Telegraph des Amerikaner Morse. Diesen kennen zu lernen, dürfte jetzt vorzugsweise Bedürfniss sein, und daher erläutern wir ihn etwas ausführlicher.

Der Tastapparat besteht bei dem Morse'schen Telegraphen aus dem sogenannten Schlüssel, von welchem beistehende Figur eine

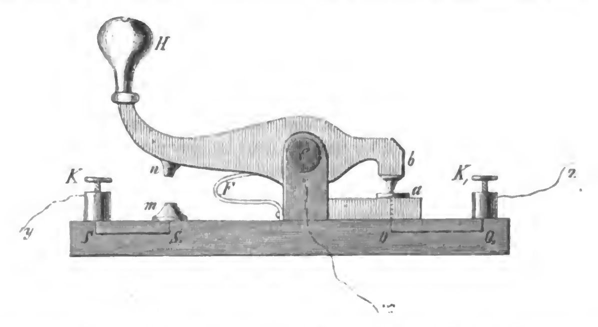
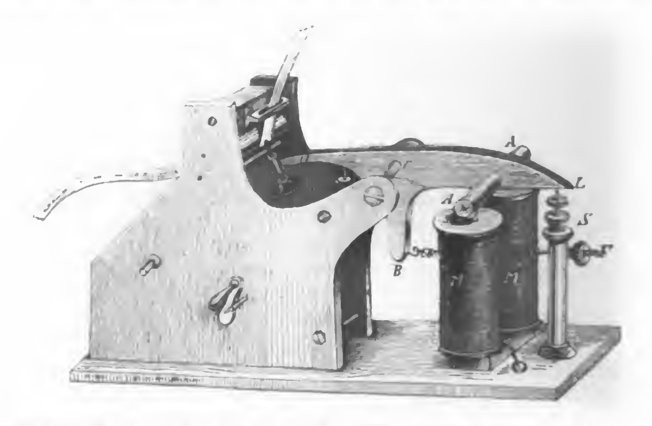


Abbildung in beinahe natürlicher Grösse zeigt. Auf dem Tastbrette ist ein gabelförmiges Zapfenlager, in welchem sich um die Axe *C* ein Hebel *HCb* an der isolirenden Handhabe *H* auf und nieder bewegen lässt. Im Ruhezustande wird dieser Hebel durch die Feder *F* auf die Metallplatte *a* niedergedrückt, so dass durch *b* und *a* eine metallische Leitung hergestellt ist, durch welche von der anderen Station der Strom durch zK_1O_1OabCx geht, während bei niedergedrückter Handhabe *H* dieser Strom bei *a* und *b* unterbrochen und dafür zwischen den abgestumpften Metallspitzen *m* und *n* eine leitende Verbindung hergestellt wird, durch welche die Linienbatterie geschlossen wird, so dass der Strom derselben durch $yKSS_1mnCx$ geht. *K* und K_1 sind Klemmschrauben.

An jeder Station ist ein solcher Tastapparat, ausserdem noch ein Zeichenapparat und ein sogenanntes Relais. Dies Letztere besteht aus einem kleinen hufeisenförmigen Electromagnete (s. d. Art. und zu noch genauerer Instruction Art. Hammer, Neef'scher) mit einem äusserst leicht beweglichen Anker, so dass schon durch einen schwachen Strom ein Anziehen desselben bewirkt wird. Dies Relais wird in die Drahtleitung, welche die beiden Stationen verbindet, eingeschaltet, um nicht so starke Ströme nöthig zu haben, wie der Zeichenapparat erfordern würde, wenn er direct von der entfernten Station aus in Thätigkeit gesetzt werden sollte. Dadurch wird noch eine constante Batterie an jeder Station bedingt, welche Localbatterie oder Ortsbatterie heisst zum Unterschiede von der für die ganze Linie benutzten Linienbatterie. Wenn nämlich der electrische Strom eine Drahtleitung von grosser

Länge durchlaufen muss, so wird er (s. Art. Ohm'sches Gesetz) so sehr geschwächt, dass er nicht im Stande ist, soviel Kraft an der fernen Station zu entwickeln, als zur Bedienung des Zeichenapparates nöthig ist, oder man müsste die Linienbatterie unmässig verstärken. Deshalb stellt man in dem Zimmer des Zeichenapparates eine Batterie von wenigen, aber grossen Elementen auf, welche, da ihr Strom eine nur sehr kurze Drahtstrecke zu durchlaufen hat, den Zeichenapparat zu bedienen kräftig genug ist, und sorgt durch die Linienbatterie nur dafür, dass sie durch diese in gleicher Weise geschlossen und unterbrochen wird, wie diese selbst. Hierzu dient eben das Relais, welches überall da, wo wegen eingetretener Schwächung der electrische Strom nicht mehr ausreicht, um die beabsichtigte Wirkung auszuführen, eintritt. Die letzte, noch so schwache Kraft des Linienstromes ist ausreichend, das Relais in Thätigkeit zu setzen; dadurch wird der Schluss und die Unterbrechung der kräftigen Localbatterie bewirkt, und diese verrichtet die eigentliche Arbeit, zu deren Ausführung der Linienstrom gedient hätte, wenn ihm nicht die Kraft dazu mangelte.

Der Zeichenapparat des Morse'chen Telegraphen besteht aus einem hufeisenförmigen Electromagnete *MM* an nebenstehender



Figur mit einem Anker aus weichem Eisen *A* an einem zweiarmigen Hebel *HL*, dessen Drehpunkt in *C* liegt, und an welchem noch ein Fortsatz *CB* angebracht ist, von welchem eine Feder *BF* nach der Säule *S* geht, woselbst diese durch die Schraube *F* mehr oder weniger angespannt werden kann. Wird durch den Electromagnet *MM* der Strom geführt, so wird dieser magnetisch, der Anker *A* angezogen und das Hebelende *H* gehoben; wird der Strom unterbrochen, so wird der Elec-

tromagnet unmagnetisch und die Feder *BF* zieht das Hebelende *H* wieder herab und den Anker *A* empor. Der Anker *A* ist gewöhnlich — um das Anhaften an dem Magnete zu verhindern — mit dünnem Papier oder mit einer dünnen Messingplatte an der Seite überzogen, an welcher er mit dem Electromagnete zur Berührung kommt. Nun befindet sich an dem Hebelende *H* eine schräg aufwärts gerichtete nicht sehr scharfe Spitze, und über dieser ein etwa $^1/_2$ Zoll breiter Streifen sogenannten endlosen Papiers. Dieser Papierstreifen ist in einer Rolle aufgewickelt und geht dem Stifte gegenüber über eine Walze, dann zwischen dieser und einer zweiten, von einem Räderwerke, welches durch ein Gewicht getrieben wird, in Umdrehung versetzten Walze hindurch, so dass der Streifen durch beide Walzen vorwärts geschoben wird. Schliesst man den Strom nun einen Augenblick, so macht der Stift auf dem Papierstreifen einen Punkt; schliesst man den Strom länger, so erzeugt der Stift auf dem Papiere einen Strich. Damit hierbei das Papier nicht zerreisst, läuft dem Stifte gegenüber um die Walze eine Nuth, in welche der Eindruck gepresst werden kann. Punkt und Strich sind die Zeichen, aus denen das Alphabet, die Ziffern und Schriftzeichen überhaupt zusammengesetzt werden.

Mancherlei Abänderungen hat man in den einzelnen Theilen angebracht; das im Vorstehenden dargelegte Princip ist dadurch indessen nicht geändert worden. Das Relais besteht gewöhnlich aus einem Electromagnete mit cylinderförmigem Stabe und der Anker ist walzenförmig oder prismatisch; stellenweis hat man Electromagnete mit quadratischer Fläche und einen breitflächigen Anker. — Statt des Stiftes, welcher die Eindrücke in das Papier macht, hat man seit einigen Jahren sogenannte Blauschreiber, welche farbige Punkte und Streifen erzeugen. Diese sind in verschiedener Weise ausgeführt worden; wir erwähnen aber nur kurz Folgendes, um wenigstens eine Idee zu geben. An der Stelle des Stiftes bei dem Reliefschreiber ist ein kleines Rädchen mit scharfer Kante, welches von einer mit Farbe getränkten Filzwalze blaue Farbe erhält, oder in einen kleinen Farbentrog eintaucht. Es versteht sich von selbst, dass das Rädchen, welches an das fortschreitende Papier gedrückt wird, sich dreht und daher farbige Zeichen giebt, auch fortwährend gefärbt bleibt.

Um nun den Vorgang beim Telegraphiren zu veranschaulichen, nehmen wir zwei Stationen *P* und *Q* an, die durch eine electrische Leitung mit einander in Verbindung stehen. An jeder Station ist in den Leitungsdraht ein Relais eingeschaltet. Wird der Anker des Relais angezogen, so schliesst sich die Localbatterie, der Schreibanker wird gegen das Papier des Apparates gedrückt und ist dieser in Bewegung, so zeigt das Papier die Zeichen. Legen wir nun die Figur des Tastapparates zu Grunde. Wird von *P* nach *Q* telegraphirt, so ist der Schlüssel in *Q* in der Lage, welche die Zeichnung angiebt, und der von *P* kommende

Strom geht durch den Schlüssel von z herkommend in der Richtung zK_1O_1OabCx zum Relais und von hier zu der Leitung, die wir von Q nach P hin führend annehmen. Es leuchtet ein, dass in Q der Schreibapparat die Zeichen giebt, welche man in P durch kürzeres oder längeres Schliessen des Stromes beabsichtigt, da die Localbatterie dem Relais entsprechend geschlossen wird. Wie ist aber der Vorgang alsdann in P? Bei der Stellung des Schlüssels in der obigen Zeichnung ist die Linienbatterie in P nicht geschlossen, wohl aber dann, wenn der Griff H niedergedrückt wird und m und n zur Berührung kommen. Dann geht der Strom durch den Schlüssel in P in der Richtung $yKSS_1mnCx$ durch das Relais der Station P und somit ist der Strom auf der Leitung zwischen P und Q geschlossen und muss nun in Q so wirken, wie vorher angegeben ist.

Das in Deutschland übliche Alphabet ist folgendes:

1. Buchstaben.

a . —	g — — .	o — — —	ü . . — —
ä . — . —	h	ö — — — .	v . . . —
b — . . .	i . .	p . — — .	w . — —
c — . — .	j . — — —	q — — . —	x — . . —
d — . .	k — . —	r . — .	y — . — —
e .	l . — . .	s . .	z — — . .
ė . . — . .	m — —	t —	ch — — — —
f . . — .	n — .	u . . —	

2. Zahlen.

1 . — — — —	6 — . . . .
2 . . — — —	7 — — . . .
3 . . . — —	8 — — — . .
4 . . . . —	9 — — — — .
5	0 — — — — —

3. Interpunctionen.

Punkt	Bindestrich — . . . . —
Semikolon — . — . — .	Apostroph . — — — — .
Komma . — . — . —	Bruchstrich — — — — — —
Kolon — — — . . .	Parenthese — . — — . —
Fragezeichen . . — — . .	Aliena (Absatz) . — . — . .
Anführungszeichen . — . . — .	Unterstreichungszeichen . . — — . —
Ausrufungszeichen — — . . — —	

3) Im Vorhergehenden (C. 1) ist nur im Allgemeinen angegeben, dass eine isolirte Drahtleitung zwischen den in Verkehr tretenden Stationen hergestellt sein müsse, und eine solche wurde unter Nr. 2 bei dem Morse'schen Telegraphen vorausgesetzt. Zunächst würden wir uns dies so zu denken haben, dass zwei isolirte Drähte die beiden Stationen verbinden müssten, wie man ja auch bei den galvanischen Batterien von jedem Pole einen Schliessungsdraht ausgehen lässt. Dies war auch anfangs der Fall. Steinheil zeigte jedoch durch Versuche, dass man nur Einen Draht nöthig habe und dass die Erde die Rolle des zurückführenden Drahtes übernehmen könne. Die Erfahrung hat gezeigt, dass

man von einer galvanischen Batterie dieselbe Wirkung wie mit zwei Schliessungsdrähten erhält, wenn man den einen von der Batterie aus in die Erde leitet, den andern nach der entfernten Station isolirt führt, dort mit dem Telegraphenapparate in Verbindung setzt und ihn dann, anstatt ihn isolirt zurückzuleiten, an dieser entfernten Station ebenfalls in die Erde gehen lässt. Bedingung ist hierbei nur, dass die in die Erde geleiteten Drähte in dieser eine gute Ableitung antreffen. Deshalb führt man dieselben wo möglich in einen Brunnen, oder in einen Fluss oder wenigstens in feuchtes Erdreich und lässt sie in eine möglichst grosse Metallplatte auslaufen. Die theoretische Frage hierbei ist nun die, ob der Strom wirklich durch die Erde wie durch einen Draht mit grossem Querschnitte zu seiner Quelle, also von der entfernten Station zur Ausgangsstation zurückkehrt; oder ob die Erde nur als ein grosses Reservoir wirkt, die strömende Electricität aufnimmt und mit einem Widerstande = 0 verschwindend ableitet. Matteucci war der ersten Ansicht; die zweite ist indessen wohl die richtigere und auch jetzt die allgemeinere. Ist nämlich auf der ersten Station z. B. der positive Pol der Säule mit der Erde verbunden, so nimmt diese seine Electricität auf, gerade so wie dies bei einer Electrisirmaschine, an welcher der positive Conductor mit der Erde in leitender Verbindung steht und aus deren negativem Conductor die Funken gezogen werden, auch geschieht. Hierdurch wird der Pol, von welchem die Ableitung ausgeht, nullelectrisch und der andere doppelt negativ electrisch (vergl. Galvanismus. S. 367); dieser entzieht nun in Folge der fortwährend thätigen electromotorischen Kraft die Electricität dem Leitungsdrahte und dieser wieder auf der andern Station der Erde. — Es ist diese Entdeckung Steinheil's eine der schönsten in dem Gebiete der Leitungsversuche.

4) Bei dem electrischen Telegraphen von Gauss und Weber wurde nicht der galvanische Strom benutzt, sondern der inducirte Strom in einer Inductionsrolle, welche einem kräftigen Magnete genähert oder von demselben entfernt wurde. Eine in dem inducirten Strome stehende Multiplicatornadel wurde rechts oder links abgelenkt (s. Art. Induction. A.).

Schilling von Cannstadt verwendete den galvanischen Strom und liess eine Multiplicatornadel durch den Stromwechsel nach Willkür rechts oder links ausschlagen. — Wheatstone und Cook befolgten dasselbe Princip, aber mit wenigstens zwei Multiplicatornadeln, deren Stellung zu einander die Zeichen bildete.

Steinheil's electrischer Telegraph von 1838 war auf den magneto-electrischen Strom basirt.

Vorselmann de Heer schlug 1839 einen Telegraphen mit 10 Drähten und 10 Tasten für die 10 Finger vor und wollte die physiologische Wirkung des Stromes auf die Finger benutzen.

Quetelet construirte 1841 einen Buchstabentelegraphen, bei welchem sich auf beiden Stationen ein Zeiger auf denselben Buchstaben eines wie ein Zifferblatt eingerichteten Buchstabenblattes stellte. Dasselbe brachte auch Wheatstone zu Stande in seinem Zeigertelegraphen.

Bain construirte einen sinnreichen Drucktelegraphen, welcher die Depeschen in Buchstaben gedruckt lieferte. Mehr Verwendung fand der Zeichentelegraph desselben mit Multiplicatornadel. Ueberhaupt kamen die Zeichentelegraphen und Zeiger- oder Buchstaben-Telegraphen vorzugsweise in Gebrauch; die letzteren namentlich durch Siemens und Halske, bis Morse's Telegraph die gerechte Anerkennung fand.

Wir können hier — wie bereits gesagt ist — nicht alle Versuche und Vorschläge erwähnen und führen daher nur noch Einiges an über das autographische Telegraphensystem des Abbé Caselli in dessen Pantelegraphen, welches am 14. Februar 1865 durch kaiserliches Decret in Frankreich eingeführt und vom 16. Februar ab zwischen Paris und Lyon zur Benutzung gekommen ist. Der Apparat giebt die Depesche selbst mit allen ihren wesentlichen Charakteren und so, wie sie der Absender in seinem Original niedergeschrieben hat. Wesentlich ist ein zwei Meter langes, unten mit einem Eisenkörper versehenes Pendel, welches zwischen zwei Electromagneten schwingt. Diese Schwingung, welche man leicht erhält, indem man den electrischen Strom von einem Electromagnete zum andern schickt, regelt die Bewegung. Die Depesche, welche abgeschickt werden soll, wird mit gewöhnlicher Dinte auf ein besonderes Zinnpapier — Zinnfolie oder Stanniol, wie man beim Verpacken von Seife u. dgl. gebraucht – geschrieben, welches man von den Telegraphenstationen kaufen kann. An dem Empfangsorte wird die Depesche auf Papier aufgefangen, welches mit einer Auflösung von Cyankalium gesättigt ist, indem durch Berührung des Cyankaliums mit einer eisernen positiv-electrischen Spitze die Stelle des Papiers blau gefärbt wird. An jedem Orte ist ein Pendel; beide gehen übereinstimmend und setzen beim Schwingen einen Schlitten in Bewegung, von denen der eine am Abgangsorte die geschriebene Depesche, der andere am Empfangsorte das Cyankaliumpapier enthält; beide Platten rücken gleichmässig fort und dabei streifen bei jeder Pendelschwingung die beiderseitigen Eisenstifte über dieselben, wobei sie mit jedem Schwunge Parallellinien in einem gegenseitigen Abstande von $^1/_3$ Millimeter durchlaufen. So lange der Stift über dem Papiere der Depesche fortgleitet, entweicht die Electricität, welche durch eine beide Platten verbindende Leitung geht, in die Erde und auf dem Papiere des Empfängers wird keine Wirkung hervorgebracht; sobald aber der Stift an eine beschriebene Stelle kommt, geht die Electricität von einer Platte zur andern und an der Empfangs-

stelle entsteht eine blaue Stelle. Das Papier, welches die Depesche aufzunehmen hat, bietet also schliesslich ebenso viel blaue Punkte dar, als es deren schwarze auf dem Original der Depesche giebt, und die Depesche wird vollständig reproducirt. Auf diese Weise kann man also sogar Zeichnungen telegraphisch versenden.

D. Nach demselben Principe, nach welchem der Schreibapparat eines Telegraphen in Bewegung gesetzt wird, kann man auch andere Apparate in Thätigkeit setzen. Es gehören dahin die electrischen Uhren (s. Art. Uhr. D.), ferner die electromagnetischen Läutewerke. Bei den letzteren bringt man entweder direct den Hammer einer Glocke durch den Anker eines Electromagnets in Bewegung und veranlasst soviel Glockenschläge als Stromschliessungen und Stromunterbrechungen ausgeführt werden, oder man löst ein Laufwerk aus, dessen Einrichtung der eines gewöhnlichen Uhrweckers gleicht. Bei grösseren Läutewerken schaltet man wohl auch ein Relais ein, welches eine Localbatterie schliesst, die dann das Schlagwerk bedient. Das in allen diesen Fällen zur Anwendung kommende Princip wird aus dem Vorhergehenden deutlich sein, und es sei daher nur noch erwähnt, dass man in dieser Weise die sämmtlichen Bahnwärter einer Eisenbahnlinie von dem Herannahen eines Zuges rechtzeitig in Kenntniss setzt; dass man in den sämmtlichen Arbeitssälen eines grossen industriellen Etablissements in demselben Augenblicke die Zeit zur Unterbrechung oder zur Wiederaufnahme der Arbeit angiebt; dass man zu einer bestimmten Zeit an beliebig vielen und von einander entfernten Orten gleichzeitig die Schläfer aus dem Schlafe erwecken kann; dass man in dem ausgedehntesten Gasthofe alle Zimmer mit dem Portier in Verbindung zu setzen vermag. Die Fälle, in welchen das Princip zur Anwendung gebracht werden kann, sind unzählbar, namentlich wenn man davon absieht, dass sehr entfernte Stationen in Verbindung gebracht werden sollen. Es kommt dies Princip z. B. zur Verwerthung, wenn der Wärter eines Dampfkessels aufmerksam gemacht werden soll, dass der Wasserstand zu niedrig ist, in welchem Falle der Schwimmer den electrischen Strom schliesst; ferner wenn beim Webestuhle irgend ein Faden zerreisst; wenn zur Nachtzeit ein Dieb einbrechen will; wenn ein Gefangener die Thür seines Gefängnisses zu öffnen versucht etc.

Telegraphenplateau heisst der Theil des Meeresgrundes im atlantischen Oceane zwischen Cap Race in Neufundland und Cap Clear in Irland, auf welchem die Tiefe wahrscheinlich nirgends mehr als 10,000 Fuss beträgt und welcher sich noch am besten zur Legung eines Europa und Amerika direct durch das Meer hindurch verbindenden electrischen Telegraphen eignet.

Teleskop, s. Art. Fernrohr.

Telestereoskop, s. Art. Stereoskop. S. 460.

Teller der Luftpumpe, s. Art. Luftpumpe.

Temperatur eines Körpers bezeichnet den jedesmaligen Zustand, in welchem sich derselbe gemäss seines Gehaltes an Wärmewesen befindet. Unser Gefühl ist nicht ausreichend, auf die Temperatur eines Körpers mit Zuverlässigkeit zu schliessen; wir beurtheilen z. B. die Temperatur des Weines verschieden, je nachdem wir vorher etwas Kaltes oder Heisses gegessen haben; ebenso kommt uns das Flusswasser vor und nach dem Baden in demselben verschieden warm vor. In vielen Fällen ist jedoch eine genaue Bestimmung der Temperatur nothwendig und daher stellt sich das Bedürfniss nach besonderen Messinstrumenten heraus. In einem Gewächshause ist z. B. die Temperatur nicht gleichgültig, ebenso bei vielen Fabrikzweigen, z. B. beim Einkochen des Zuckers in den Raffinerien. Die Instrumente zur Messung der Temperatur sind die Thermometer (s. d. Art.). Wegen der Temperatur des Erdkörpers s. Art. Erdwärme, wegen derjenigen der Atmosphäre s. Art. Isothermen, wegen der des Meerwassers s. Art. Meer. 3. S. 106, wegen derjenigen der Quellen s. Art. Quelle. B. wegen der Siedetemperaturen s. Art. Sieden, wegen der Schmelztemperaturen s. Art. Schmelzen.

Temperatur, gleichschwebende und ungleichschwebende in der Musik. Das Verhältniss zweier auf einander folgender Töne in der Tonleiter ist nicht immer das nämliche, desgleichen nicht immer das Verhältniss zweier nicht unmittelbar auf einander folgender, aber sonst gleich gelegener Töne, z. B. die Quinte von *C* und die Quinte von *D*. Deshalb sind noch andere Töne einzuschalten, welche von den einfachen Intervallen nicht so stark abweichen. Diese Abweichung der Intervalle von denen der gewöhnlichen Tonleiter nennt man nun ihre Temperatur. Vertheilt man die entstehenden Abweichungen ganz gleichförmig auf alle Töne einer Octave, so erhält man die sogenannte gleichschwebende Temperatur; andernfalls nennt man die Temperatur ungleichschwebend. Das Ohr nimmt geringe Abweichungen vom reinen Intervalle nicht wahr. Deshalb wählt man am vortheilhaftesten die gleichschwebende Temperatur, obgleich die vollkommene Reinheit der Intervalle verloren geht. Von den ungleichschwebenden Temperaturen hat die Kirnbergische das meiste Ansehen genossen. Folgende Tabelle zeigt den Unterschied der beiden Temperaturen:

Gleichschwebende Temperatur.			Kirnbergische Temperatur.	
	Schwingungszahl.	Saitenlänge.	Schwingungszahl.	Saitenlänge.
c	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
cis	1,05946	0,94387	1,05349	0,94922
d	1,12246	0,89090	1,12500	0,88889
dis	1,18921	0,84090	1,18518	0,84375
e	1,25992	0,79370	1,25000	0,80000
f	1,33484	0.74915	1,33333	0,75000
fis	1,41421	0.70710	1,40625	0.71111
g	1,49831	0,66741	1,50000	0,66667
gis	1,58740	0,62996	1.58024	0,63281
a	1,68179	0,59460	1,67702	0.59629
b	1,78180	0,56123	1,77778	0,56250
h	1,88775	0.52973	1.87500	0,53333
$\bar{c}$	2.00000	0,50000	2,00000	0,50000

Temperatur, mittlere, s. Art. Isothermen.

Temperaturhöhle heisst eine Höhle, deren Temperatur constant entweder der mittleren Temperatur der Umgebung gleichkommt, oder dieselbe um einige Grad übertrifft. In der Nähe von Montpellier ist eine solche Höhle, deren Temperatur die dortige mittlere um mehr als 4° C. übertrifft.

Temperiren oder auf die gewünschte Temperatur bringen; s. Art. Temperatur.

Tempern oder adouciren heisst metallenen, namentlich eisernen Gusswaaren durch Ausglühen die grosse Härte und Sprödigkeit an der Oberfläche nehmen, welche sie durch das schnelle Erkalten erhalten haben. Man überzieht die gegossenen Sachen mit Lehm und Kuhmist und glüht sie zwischen lockern Kohlen aus, oder man glüht blos unter trockenem, reinem Kiessande oder in einem Gemenge von Knochenasche und Kohlenpulver in besondern gusseisernen Kapseln. Gusseiserne Nägel zerspringen bei einem schiefen Schlage, gusseiserne Hufeisen springen, gusseiserne Wagenaxen brechen leicht. Gold, Silber, Kupfer, wenn sie durch Hämmern oder Walzen gestreckt werden, werden getempert, weil sie hierbei zu spröde werden. Auch das Abkühlen des Glases im Kühlofen gehört hierher; vergl. Art. Flasche, Bologneser.

Temporales nennt man auf dem indischen und chinesischen Meere die Stürme, welche da auftreten, wo die Musons (s. d. Art.) wechseln. Man nennt sie wohl auch geradezu das Ausbrechen der Musons.

Tenakel heisst beim Filtriren der Rahmen für den Spitzbeutel. S. Art. Filtriren.

Tender, s. Locomotive. S. 43.

Tension oder Spannung (s. d. Art.).



Tera
ausgebilde
ciplin ist g
gebildet au
Terp
Terr
Terr
herrschend
sie im Jun
12 Tage l
lich wegen
Terz
Terz stehe
oder 4 : 5,
z. B. *C* : *E*
Testp
zur Prüfun
sich auch
Teta
Teta
gültig auf
dem Körp
Verfahren,
siren gen
Teta
Tetr
Tetr
Teuf
Taucher
Teuf
nen gespal
zum Heben
Balken.
diese Taue
einer Hau
und wird g
Thal
wehender
studirt. N
steigenden
aber auch
Absteigen
schluchten,
nach der G

ausgeprägter; am unteren Ende verlieren sie ihre Regelmässigkeit. Die Strömung ist zwar in breiten Thälern deutlicher, als in schmalen Seitenzweigen, verliert sich aber, wenn die Thalsohle eine wahre Ebene wird. Die aus den Thälern aufsteigende heisse Luft erwärmt die Luft der Gipfel; diese Erwärmung wird aber oft durch die Ausdehnungs- und Verdunstungskälte aufgehoben. Die von den Gipfeln niedersinkende kalte Luft wirkt abkühlend und hat auf die Thalsohlen beschränkte Frühlingsfröste zur Folge. Der *Morgen-* oder *Tagwind* weht über die verhältnissmässig erkaltete Thalsohle nach der verhältnissmässig weniger abgekühlten Höhe, der *Abend-* oder *Nachtwind* hingegen von der kühleren Höhe nach der heisseren Thalsohle. Hierin weichen diese Winde von den See- und Landwinden ab, bei denen der Tagwind von der kühleren See nach dem wärmeren Lande weht und umgekehrt der Nachtwind von dem kühleren Lande nach der wärmeren See.

Die Erklärung des Thalwindes ergiebt sich daraus, dass der Erdboden durch Einwirkung der Sonnenstrahlen viel mehr erwärmt und durch die eigene Wärmeausstrahlung viel mehr erkaltet wird, als die atmosphärische Luft. Die unterste, den Boden berührende Luftschicht nimmt an dieser stärkeren Erwärmung und Erkaltung Theil. Am Tage wird nun in Folge der eingetretenen Erwärmung die Luft längs des ganzen Thalabhanges aufsteigen, weil hier der geringste Widerstand ist, da allenthalben die unterste Luftschicht steigen will; umgekehrt wird des Nachts in Folge der Abkühlung die Luft sich längs des ganzen Abhanges senken. Die Morgen- und Abendwinde im Gebirge sind nur Modificationen dieses auf- und absteigenden Luftstromes.

Thau ist ein atmosphärischer Niederschlag, der sich unmittelbar am Boden bildet, ohne dass sich die unterste, den Boden berührende Luftschicht trübt (vergl. Art. *Nebel*. S. 158); er beginnt als feiner Beschlag, der sich zu Tröpfchen vergrössert. Reif ist gefrorner Thau und entsteht bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkte, während bei der Thaubildung dieselbe über diesem Punkte ist.

Alle Erscheinungen des Thaus sind zuerst von *Wells* vollständig erklärt worden, welcher in dem Garten eines Landhauses bei London (1814) die umfassendsten Versuche angestellt hat. Er benutzte zum Messen der Thaustärke weisse, mässig feine Wolle, die er in Flocken von 10 Gran theilte und zu Scheiben von 2 Zoll Durchmesser auszog. Die Gewichtszunahme gab die Thaustärke (s. Art. *Drosometer*). Am reichlichsten ist die Thaubildung in den ersten klaren, stillen Nächten nach längerem Regenwetter und bei feuchten Winden, überhaupt je feuchter die Luft ist; sie findet aber auch statt sowohl während windiger Nächte bei heiterem Himmel, als auch während stiller Nächte bei bedecktem Himmel; vollkommene Stille ist sogar minder günstig für die Thaubildung, als gelinde Bewegung. Bei stillem Wetter thaut es mitunter trotz vollkommen bedeckten Himmels, wenn die Wolkendecke nur

hoch liegt; ist aber das Wetter zugleich wolkig und windig, so thaut es gar nicht. — Die Bethauung beginnt — wenigstens in England — an schattigen Orten schon am Abend; sie wird aber erst nach Sonnenuntergang so stark, dass Tröpfchen zusammenfliessen; während der ganzen Nacht geht sie ununterbrochen fort: um Sonnenaufgang ist sie am stärksten: auch nach Sonnenaufgang dauert sie fort, aber nicht so lange Zeit, wie sie vor Sonnenuntergang begann. — Jeder Umstand, durch welchen die freie Himmelsansicht vermindert wird, veranlasst auch eine Verminderung der Bethauung. Schlägt stilles heiteres Wetter im Verlaufe der Nacht in windiges, trübes um, so hört die Thaubildung nicht nur auf, sondern auch der bereits gebildete Thau vermindert sich wieder bis zum Verschwinden. — Nicht alle Stoffe werden gleich stark und zugleich bethaut. Kieswege und Strassenpflaster bleiben trocken, wenn das Holz der Thüren und Fenster und das Gras der Rasenplätze stark vom Thaue benetzt werden. Metalle werden sehr wenig bethaut. Die Stoffe, welche sich am meisten abkühlen, d. h. am meisten Wärme ausstrahlen, werden am stärksten bethaut. Die Abkühlung geht aber stets der Bethauung voraus und nicht die Bethauung der Abkühlung. — In dieser letzten Beziehung sind Melloni's Studien wichtige Ergänzungen zu den Beobachtungen von Wells. (Nach: Lehrbuch der Meteorologie von Schmid in der allgemeinen Encyclopädie der Physik. S. 646.).

Ohne auf die früheren unhaltbaren Ansichten des Aristoteles u. A. über die Thaubildung weiter einzugehen, bemerken wir nur, dass Wilson (1788) zuerst die Temperaturerniedrigung als wichtigsten Umstand erkannt hat, aber die Kälte für eine Wirkung des Thaues ansah. Erst Wells gebührt das Verdienst, das umgekehrte Verhältniss als das richtige nachgewiesen zu haben und die durch die nächtliche Ausstrahlung erzeugte Erkaltung des Bodens als den Ausgangspunkt für die Thaubildung hinzustellen. Melloni erkennt zwar den Wells-schen Grundsatz als richtig an, hat aber eine neue Theorie aufzustellen versucht (Poggend. Annal. Bd. 73. S. 467): indessen ändert er dadurch weniger die Theorie von Wells, sondern macht dabei nur noch auf einen Gegenstand aufmerksam, der in Bezug auf nächtliche Abkühlung Berücksichtigung verdient, nämlich auf die Abnahme der Lufttemperatur während der Nacht mit Annährung an den Boden. Der Thau bildet sich an der Oberfläche derjenigen Körper, welche durch nächtliche Ausstrahlung unter den Thaupunkt der sie umgebenden Luft abgekühlt werden. Was auf diese Abkühlung Einfluss hat, befördert die Thaubildung. Daher bethauen namentlich rauhe Körper; deshalb ensteht der Thau namentlich in heiteren Nächten etc. Das Wasser, welches sich als Thau absetzt, erhält die untere Luftschicht theils aus den oberen Luftschichten, theils aus dem Boden. Der besonders reichlich auf den in lebhaftem Wachsthum stehenden Pflanzentheilen hervortretende Thau steht mit ihrer starken Verdampfung im Zusammenhange. Bei Thau-

bildung auftretende Electricität ist eine Folge, aber kein ursächliches Moment.

Thauen bezeichnet einerseits die Thaubildung (s. Art. Thau), andererseits soviel wie schmelzen, namentlich bei dem Eise und Schnee, wenn die Lufttemperatur über den Eisschmelzpunkt erhöht ist.

Thaumatrop. das oder die Wunderscheibe ist ein Apparat, der sich wie das Stroboskop (s. d. Art.) auf die Dauer des Lichteindrucks (s. Art. Lichteindruck) gründet. Das Thaumatrop besteht gewöhnlich aus einer Anzahl kreisförmiger Scheiben von Kartenpapier von 2 bis 3 Zoll Durchmesser, die vermittelst je zweier an den Endpunkten eines Durchmessers angebrachter Fäden durch den Daumen und Zeigefinger in eine sehr schnelle drehende Bewegung versetzt werden können. Auf jeder Seite der Scheibe befindet sich der Theil eines Gemäldes oder verschiedene Theile derselben Figur, so dass diese Theile, wofern wir sie zu gleicher Zeit sehen könnten, entweder eine Gruppe oder eine ganze Figur bilden würden. So ist z. B. ein Vogelbauer auf der einen Seite, auf der andern ein Vogel. Beim schnellen Umdrehen der Scheibe erscheint der Vogel im Bauer, weil der Eindruck des Bildes auf der einen Seite noch fortdauert, wenn das Auge den von dem Bilde auf der andern Seite empfängt. Die Drehaxe der Scheibe muss genau durch den Mittelpunkt der Scheibe gehen oder vielmehr die Zeichnungen müssen in bestimmten Abständen von dieser Drehaxe stehen, damit die correspondirenden Punkte beider zusammenfallen. Der Entwurf der Zeichnung ist sehr einfach. Man erhält schon ein Thaumatrop, wenn man an einer festen Axe nur einseitig ein steifes Blatt anbringt und dies auf beiden Seiten mit den Figuren bemalt, von denen dann die eine die obere, die andere in umgekehrter Lage die untere Hälfte vorstellt, z. B. die eine den Stamm eines Baumes, die andere die Krone desselben.

Thaumesser, s. Art. Drosometer und Thau.

Thaupunkt nennt man die Temperatur, bei welcher Thaubildung beginnt, also am Daniell'schen Hygrometer die Temperatur des eingeschlossenen Thermometers im Augenblicke der Thaubildung; s. Art. Hygrometer. 2. S. 478 u. 479. Weniger richtig ist es, den Eisschmelzepunkt oder Eispunkt am Thermometer (s. Art. Eispunkt) als Thaupunkt zu bezeichnen.

Theaterperspectiv, s. Art. Operngucker und Polemoskop.

Theilbarkeit ist eine zufällige allgemeine Eigenschaft der Körper und drückt aus, dass jeder Körper sich in einzelne Stücke trennen lässt, welche dem ganzen Körper dem Stoffe nach gleich bleiben. Diese Stücke sind in gleicher Weise wieder theilbar. — Wie weit die fortgesetzte Theilung sich durchführen lässt, ist auf dem Wege der Erfahrung gar nicht zu ermitteln, da unsere Sinne zu unvollkommen sind, als dass die Theilchen zuletzt noch wahrnehmbar wären, und wir ausserdem keine



Instrumente anzufertigen vermögen, die fein genug wären, um mit ihrer Hilfe noch weiter zu zerkleinern. — Wir könnten uns wohl einen Körper denken, der nicht theilbar wäre, da es aber, wie die Erfahrung zeigt, keinen solchen Körper giebt, so haben wir die Theilbarkeit zu den zufälligen allgemeinen Eigenschaften zu rechnen. Auch der härteste Körper — der Diamant — lässt sich theilen. Härte und Festigkeit sind überhaupt verschiedene Begriffe. Alles Zerstückeln durch Reiben, Stossen, Feilen, Sägen etc., alles Abtröpfeln etc. beruht auf der Theilbarkeit der Körper. — Wie kleine Körper es giebt, geht z. B. daraus hervor, dass in einem Tropfen Menschenblut von einer solchen Grösse, wie er an einer Nadelspitze hängen bleiben würde, etwa eine Million Blutkörperchen sich befinden. Unter dem Mikroskope hat man Thierchen beobachtet, welche noch kleiner sind, indem von ihnen mehrere Millionen in einem Wassertropfen Platz haben könnten; und wie klein müssen nun erst die Organe derselben sein! Besonders fein müssen sich die Stoffe zertheilen, welche auf unser Geruchsorgan einwirken, z. B. Moschus.

Es liesse sich wohl denken, dass man bei fortgesetzter Theilung auf Stückchen käme, die sich durchaus nicht weiter in der bezeichneten Weise theilen lassen; solche Stücken nennt man Atome (s. Art. Atom). Würde bei einer Theilung die Materie des Körpers sich ändern, so gehört die Erscheinung in die Chemie.

Theodolit oder Theodolith heisst ein Winkelmessinstrument, welches aus zwei getheilten Kreisen, einem horizontalen und einem verticalen, nebst Fernrohr besteht. Das Fernrohr ist an einer auf seiner optischen Axe senkrechten Axe befestigt, welche dem Horizontalkreise genau parallel in zwei Zapfenlagern drehbar ist, während der Verticalkreis mit dem Fernrohre in unveränderlich fester Verbindung und auf der Drehungsaxe desselben senkrecht steht. Die verticale Drehung des Fernrohres sammt Kreis wird an festen, nicht drehbaren Nonien (s. Art. Nonius) abgelesen, welche zu beiden Seiten des Kreises, an den Enden eines Durchmessers desselben angebracht sind. Die Zapfenlager des Fernrohres ruhen auf einer Säule, welche genau senkrecht auf dem Horizontalkreise steht und mit ihrer Drehaxe genau in den Mittelpunkt desselben trifft. Der Horizontalkreis ist fest und mit einer genauen Kreiseintheilung versehen; mit ihm in derselben Ebene liegt aber genau centrirt ein kleiner Kreis, der Alhidadenkreis (s. Art. Alhidade), dessen äusserer Umfang genau den inneren Rand der Eintheilung des grösseren berührt, und der mit der die Zapfenlager des Fernrohrs tragenden Säule drehbar ist. An den beiden Enden eines Durchmessers besitzt der Alhidadenkreis Nonien, über denen zur genaueren Ablesung kleine Mikroskope befestigt sind. Der ganze Apparat steht auf einem massiven Stative und kann mit Hilfe einer Libelle (s. Art. Röhrenlibelle) eingestellt werden. — Man führt dies wichtige Messinstrument allerdings

in einzelnen Theilen auch noch anders aus, indessen bleibt das Princip immer dasselbe. — Vorzugsweise gebraucht man den Theodoliten bei geodätischen Messungen, aber auch in der Astronomie und in der Optik, z. B. bei Beugungserscheinungen und Farbenspectren, hat sich derselbe sehr brauchbar erwiesen.

Theorem Torricelli's, s. Art. Ausfluss. A. S. 58.

Theorie nennt man in den Naturwissenschaften die Vorstellungsweise von dem Ursächlichen einer Erscheinung, also die Erklärungsweise des an einer Naturerscheinung erkannten Gesetzmässigen. Es liegt in der Natur der Sache, in dem Gange der Naturforschung, dass nur die bereits erforschten Thatsachen als Basis einer Theorie dienen können. Je geringer der Umfang des Thatsächlichen ist, desto weniger Anhalt zur Ergründung der Ursache ist gegeben. Es bleibt daher nur übrig eine Vermuthung, eine Hypothese, über das Ursächliche aufzustellen; es ist darin aber auch der Grund zu finden, warum eine Theorie von einer anderen verdrängt werden kann. Jedenfalls ist eine Theorie als unrichtig aufzugeben, wenn eine Thatsache, und sollte es auch nur eine einzige sein, entdeckt wird, welche mit der bis dahin angenommenen in Widerspruch tritt. Wir verweisen in dieser Beziehung auf Art. Hypothese und geben hier und in dem nächstfolgenden Artikel nur über einige besonders wichtige Theorien den erforderlichen Hinweis und respective eine kurze Erläuterung.

Wegen der Theorien über das Wesen des Lichtes s. Art. Emanationstheorie und Undulationstheorie; wegen der Wärme s. Art. Wärmetheorie; wegen Franklin's und Symmer's electrischer Theorien s. Art. Electricität. S. 258; wegen der magnetischen Theorien s. Art. Magnetismus. S. 76; wegen des Diamagnetismus ebenda S. 80; wegen des Erdmagnetismus s. Art. Magnetismus der Erde. 6. S. 84; wegen des Wesens der Materie s. Art. Materie.

Theorie, chemisch electrische. }
Theorie, electrochemische. } Die electrochemische Theorie gehört eigentlich nicht in unseren Plan; wir halten jedoch eine kurze Angabe für nicht unangemessen, da sie mit der chemisch electrischen in innigem Zusammenhange steht. Nach derselben hat man die chemisch zusammengesetzten Körper als binäre Verbindungen oder als Verbindungen zu 2 und 2 ihrer einfachen Elemente zu betrachten und es muss dem Bestreben zur chemischen Vereinigung stets der Eintritt eines polaren Zustandes der auf einander einwirkenden ungleichartigen Stoffe vorausgehen. Diese Polarität oder sogenannte Affinität hält man mit derjenigen der beiden Electricitäten für identisch. Diese Ansicht hat insofern etwas für sich, als die Anordnung der Körper nach ihren electrischen Beziehungen mit der electrischen Spannungsreihe (s. Art. Galvanismus. A. S. 364) stimmt.

Die chemisch electrische Theorie bildet den Gegensatz zu der Contacttheorie (s. d. Art.). Nach derselben sind die galvanischen Erscheinungen als Folge eines chemischen Processes zu betrachten, welcher nach der Contacttheorie gar nicht vorauszugehen braucht. Ohne chemische Zersetzung könnte also gar keine Electricität in einer galvanischen Kette auftreten. Hiergegen spricht schon der Volta'sche Fundamentalversuch (s. Art. Galvanismus. A. S. 365). Schönbein hat eine Vereinigung beider Ansichten dadurch angestrebt, dass er einen electrischen Spannungszustand der Electrolyse vorhergehend annimmt, aber die Berührungsstellen der beiden Metallflächen mit der Flüssigkeit und nicht die Berührungsstelle der beiden Metalle selbst als Hauptsitz der electromotorischen Kraft betrachtet. Beide Ansichten dürften wohl in eine zusammenfallen, wenn man die electromotorische Kraft als das Bestreben der in Berührung gebrachten Körper nach chemischer Verbindung auffasst.

Thermalwasser nennt man das Wasser der Thermen (s. d. Art.).

Thermanisirend. | **Thermanisirt.** Wärmestrahlen, welche nur von gewissen Körpern durchgelassen werden, nennt man thermanisirt oder thermochroisch und die Wärmequelle thermanisirend.

Thermanismus. Wie wir verschiedenfarbige Lichtstrahlen unterscheiden (s. Art. Farbe), giebt es auch verschiedenartige Wärmestrahlen, welche von verschiedenen Körpern nach verschiedenen Verhältnissen zurückgeworfen, durchgelassen und absorbirt werden. Diese von Melloni 1831 mittelst seines Thermomultiplicators nachgewiesene Verschiedenheit der Wärmestrahlen nennt man Thermanismus oder Thermochrose oder auch Diathermansie (s. d. Art.).

Thermantidote hat Ranke einen nach Art der Centrifugalventilatoren eingerichteten Ventilator zur Abkühlung der Luft in Indien genannt.

Thermen sind warme Quellen. S. Art. Quelle. C.

Thermo-Anemometer, s. Art. Anemoskop. S. 31.

Thermo-Barometer nennt man bisweilen das zu Höhenmessungen bestimmte Barothermometer (s. d. Art.), welches man wohl auch mit dem Namen Hypsometer bezeichnet. Eigentlich gebührt die Bezeichnung einem Heberbarometer, welches Bellani nach Gay-Lussac's Vorschlage so einrichtete, dass die beiden weiteren Schenkel durch eine enge Röhre verbunden waren. In aufrechter Stellung dient dies Instrument als Barometer, in umgekehrter als Thermometer, indem dann der geschlossene weitere Barometerschenkel die Stelle des Thermometergefässes vertritt.

Thermochemie hat man den Theil der Naturforschung nennen wollen, welcher sich mit der Wärmeentwickelung bei chemischen Erscheinungen vorzugsweise beschäftigt.

Thermochroisch, s. Art. Thermanisirt.

Thermochrose, s. Art. Thermanismus.

Thermoelectricität.
Thermoelectrische Kette.
„ **Säule.**
„ **Spannungsreihe.**
„ **Ströme.**

A. Unter den krystallisirten Mineralien und ebenso unter den künstlich dargestellten Krystallen finden sich viele, welche die Eigenschaft haben, durch Erwärmen electrisch zu werden. Man sagt von diesen Körpern, welche das Gemeinsame haben, dass an ihnen das Ebenmassgesetz (s. Art. Krystallographie. 1. S. 561) eine Abänderung erlitten hat, sie seien thermoelectrisch, und bezeichnet den Inbegriff aller dahin gehörigen Erscheinungen als Thermoelectricität oder Pyroelectricität oder Krystallelectricität.

Die ersten Beobachtungen dieser Art sind an dem Turmalin gemacht worden, der auch daher die Namen Aschenzieher, Aschentrecker, electrischer Stangenschörl, ceylonscher Magnet erhalten hat. Der Turmalin zieht nämlich, wenn er in heisser Asche erwärmt wird, die leichten Theilchen der Asche an, ähnlich wie es geriebener Bernstein mit leichten Körperchen thut. Seit Beginn des 18. Jahrhunderts hat man die Erscheinung vielfach studirt. Am bequemsten und sichersten ist folgendes von Hankel angegebene Verfahren zur Untersuchung der Erscheinung. Man erwärmt den Krystall auf einer metallenen Unterlage durch eine Spirituslampe, so dass derselbe weder mit der Flamme noch mit den von dieser aufsteigenden Gasen in Berührung kommt. Während des Erwärmens hüllt man alle Theile des Krystalls ausser dem Punkte, dessen Electricität gerade untersucht werden soll, in Metallfeilspähne, um durch Ableitung der entgegengesetzten Electricität die zu beobachtende auf ihr Maximum zu bringen. Zur Wahrnehmung derselben dient ein Bohnenberger-Fechner'sches Electroskop, an dessen Knopf ein etwas langer dünner Draht befestigt ist, welcher mit dem freien Ende den Krystall berührt. Erwärmt man den auf diese Weise mit dem Electrometer in Verbindung stehenden Turmalinkrystall, so bemerkt man bei steigender Temperatur von 30° C. ab irgend eine, etwa positive Electricität, welche zunimmt, aber bei über 150° C. wieder verschwindet. Unterbricht man das Erwärmen, so zeigt sich der Krystall einen Augenblick lang unelectrisch, aber sobald die Temperatur zu sinken beginnt, wird die Stelle, welche beim Erwärmen positiv war, beim Abkühlen negativ.

Dasselbe Verhalten zeigen Krystalle des Kieselzinkerzes, des Mesotypes, des Zuckers, der Weinsäure, des neutralen weinsauren Kalis. Riess und G. Rose haben viele Krystalle untersucht. Um die Art der Electricität bei einer Temperaturänderung bequem auszudrücken, nennen sie den Pol, an welchem das algebraische Zeichen der Temperaturveränderung dem Zeichen der dadurch erregten Electricität entspricht, den analog electrischen Pol und den anderen den antilog

electrischen Pol. — Bei manchen Krystallen, z. B. bei d
rischen Topase, beim Axinit und Prehnit zeigen sich zwei nega
zwei positive Pole; bei dem Boracit finden sich sogar acht el
Pole. — Merkwürdig ist, dass Zucker, Weinsäure und weinsau
in ihren Auflösungen und Bergkrystall im starren Zustande
polarisiren und dieselben Körper auch thermoelectrisch sind. — I
des Boracit und Titanit zeigen sowohl während ununterbrochen
der als sinkender Temperatur einen Wechsel im electrischen Zus
den einzelnen Polen.

B. Thermoelectrische Ströme. Unter A. ist d
dass durch Temperaturveränderung entgegengesetzt electrische
hervorgerufen werden können; es können aber auch unter ge
Umständen — continuirliche Ausgleichung und Wiederherstel
electrische Ströme durch Temperaturveränderungen veranlasst
und derartige Ströme nennt man thermoelectrische im Ge
zu den hydroelectrischen der Volta'schen Säule. S
hat zuerst (1821) die Thatsache nachgewiesen und nannte die
nung Thermomagnetismus; erst später wurde die Bez
Thermoelectricität angenommen, da man einen Magnet a
ihn umkreisenden electrischen Strom zurückführen kann (s. Art. E
dynamik. B. S. 270).

Um sich von der Thatsache zu überzeugen, löthe man
Wismuthstange von 5 bis 6 Zoll Länge und 2 bis 3 Linien Dic
Kupferdraht, so dass ein Rechteck von etwa 3 Zoll Höhe entste
welchem die Wismuthstange die eine lange Seite und der Ku
die drei übrigen bildet. Hält man in dies Rechteck eine sch
Magnetnadel, so dass dieselbe in der Ebene des Rechtecks liegt,
sie in Ruhe; erwärmt man aber die eine Löthstelle zwischen
und Kupfer und bringt nun die Magnetnadel in dieselbe Lage.
sie aus der Ebene des Rechtecks mit dem Ende der Axe, wel
Nordpol trägt, ostwärts oder westwärts heraus, wie bei dem Oe
schen (s. Electrodynamik. B. S. 268) Versuche, wenn man annim
der erregte electrische Strom in der wärmeren Stelle vom Wism
Kupfer geht. — Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man
freie Ende eines kupfernen Multiplicatordrahtes des Galvanome
zum Rothglühen erhitzt und darauf mit dem anderen Ende in Be
bringt. — Ebenso erhält man eine Ablenkung am Galvanometer
man die beiden Multiplicatorenden durch ein anderes Metall v
und die eine Verbindungsstelle erhitzt. — Diese letztere Met
besonders erfolgreich gewesen. Schaltet man zwischen die En
Multiplicators nach einander Combinationen aus zwei versch
Metallen von gleicher und stets derselben Länge, so erhält m
sogenannte thermoelectrische Spannungsreihe, in
die einzelnen Metalle so auf einander folgen, dass der electrisch

einer Verbindungsstelle je zweier allemal vom vorangehenden Metalle zum nachfolgenden geht. Je weiter die beiden combinirten Metalle in dieser Reihe aus einander liegen, desto stärker wird bei gleicher Temperaturdifferenz der Löthstelle der electrische Strom. Nach Hankel stehen die Metalle vom negativen zum positiven in folgender Reihe.

Bei geringer Temperatur. — Wismuth, Neusilber, Nickel, Kobalt, Platinblech, Gold, Messing, Arseniknickel, Kupferblech, Zinn, Blei, Kupferdraht, 12löthig Silber, ein Platinspatel, Zink, Silber Nr. 2, Silber Nr. 1, galvanisches Kupfer, Kadmium, Eisen, Antimon +.

Bei grösseren Temperaturunterschieden. — Wismuth, Kobalt, Neusilber, Platinblech, Nickel, Arseniknickel, Messing, Gold, Zinn, Blei, Kupferblech, Platinspatel, 12löthig Silber, Eisen, Kupferdraht, Silber Nr. 2, galvanisches Kupfer, Silber Nr. 1, Zink, Kadmium, Antimon +.

Manche Combinationen zeigen bei gewissen Temperaturen ihr Maximum und gehen dann wieder auf Null herab, von wo ab der Strom die umgekehrte Richtung nimmt. Das Maximum erreichen nach Hankel

Eisen mit Zink	bei	143° R.
,, ,, Zinn	,,	167 ,,
,, ,, galvanischem Kupfer	,,	169 ,,
,, ,, Silber	,,	184 ,,
,, ,, Kupfer	,,	195 ,,
,, ,, Gold	,,	206 ,,
,, ,, Messing	,,	235 ,,
,, ,, Blei	,,	235 ,,

Eine Umkehrung des Stromes trat ein bei

Zink und Silber bei		155° R.
,, ,, galvan. Kupfer bei		171 ,,
Gold und Messing	,,	224 ,,
Zink und Eisen	,,	252 ,,
Galv. Kupfer und Eisen	,,	270 ,,
Silber und Eisen	,,	295 ,,
Gold und Kupfer	,,	330 ,,
Kupfer und Eisen	,,	332 ,,

In neuester Zeit hat Bunsen Kupferkies und Pyrolusit ungemein thermoelectrisch gefunden und J. Stefan noch weitere Untersuchungen angestellt (Poggend. Annal. Bd. 124. S. 632). Er fand Folgendes:

Blätteriger Kupferkies und Kupfer: 26. Compacter Kupferkies und Kupfer: 9. Pyrolusit und Kupfer: 13. Compacter Kupferkies und blättriger Kupferkies: 14. Kupfer und krystallisirter Kobaltkies: 26. Körniger Kobaltkies und Kupfer: 78. Kupfer und Schwefelkies: 15,7. Compacter Kupferkies und Schwefelkies: 6. Blättriger Kupferkies und Schwefelkies: 9,8. Kupfer und Buntkupfererz: 14. Feiner Bleischweif



und Kupfer: 9,8. Grober Bleischweif und Kupfer: 9. Bleiglanz in grossen Krystallen und Kupfer: 9,8. Bleischweif und Buntkupfererz 5,5. Hier steht stets der electropositive Körper voran und die beistehende Zahl giebt an, wie viel derartige Combinationen eine electromotorische Kraft liefern, welche derjenigen einer Daniell'schen Zelle gleich ist.

C. Eine Combination aus zwei thermoelectrischen Körpern nennt man ein thermoelectrisches Element. Eine Verbindung mehrerer thermoelectrischer Elemente giebt eine thermoelectrische Kette oder Säule oder Thermosäule. Ein einzelnes thermoelectrisches Element nennt man auch wohl eine einfache thermoelectrische Kette.

Eine Thermosäule kann man aus zwei verschiedenartigen Metallen, z. B. Wismuth und Antimon, welche in der Spannungsreihe am weitesten auseinanderstehen, so herstellen, dass man sie in Form von Drähten oder Stäbchen, die an den Enden etwas seitlich gebogen sind, so an einander löthet, dass sie parallel neben einander liegen und das obere Ende des ersten mit dem oberen Ende des zweiten, dann das untere Ende des zweiten mit dem unteren des dritten, darauf das obere Ende des dritten mit dem oberen des vierten etc. verbunden ist, ohne dass ausser an den Löthstellen eine Berührung stattfindet. Auf diese Weise liegen die abwechselnden Löthstellen alle nach ein und derselben Seite. Setzt man die beiden freibleibenden Enden, nämlich des ersten und des letzten Stäbchens mit dem Multiplicatordrahte in Verbindung und erhöht oder erniedrigt die Temperatur der an einer Seite liegenden Löthstellen, so giebt die Galvanometernadel einen nach Verhältniss der Elemente stärkeren Ausschlag.

Eine solche Säule gebrauchte Melloni zu seinen Untersuchungen über strahlende Wärme (s. Art. Thermomultiplicator). Wheatstone erhielt aus einer Thermosäule von 33 Elementen Wismuth und Antimon Funken; Watkins thermische Wirkungen, auch gelang ihm die Wasserzersetzung. In jüngster Zeit (1864) hat S. Marcus, ein geborner Mecklenburger und Mechanikus in Wien, eine neue sehr kräftige Thermosäule construirt, indem er die Thatsache benutzte, dass Legirungen in der thermoelectrischen Spannungsreihe nicht zwischen den Metallen stehen, aus denen sie zusammengesetzt sind. Er fand besonders kräftig wirkend als positives Metall: 10 Gewichtstheile Kupfer, 6 Zink, 6 Nickel (1 Zusatz von 1 Theil Kobalt erhöht noch die electromotorische Kraft) und als negatives Metall: 12 Gewichtstheile Antimon, 5 Zink, 1 Wismuth; oder positiv: 65 Theile Kupfer, 31 Zink und negativ 12 Theile Antimon und 5 Zink. Die Stäbe werden nicht aneinander gelöthet, sondern durch Schrauben verbunden. Es genügen 6 solcher Elemente, angesäuertes Wasser zu zersetzen; 125 Elemente schmelzen einen Platindraht von $^1/_2$ Millim. Dicke etc. Die eine Contactseite der Elemente wird erwärmt, die andere durch Wasser abgekühlt (s. Poggend. Annal. Bd. 124. S. 629). — In Betreff der Anwendung, welche

Pouillet in seinem magnetischen Pyrometer gemacht hat, s. Art. Pyrometer. S. 294.

D. Dass die thermoelectrischen Ströme durch die Wärme wenigstens veranlasst werden, unterliegt keinem Zweifel. Es spricht dafür namentlich auch, dass sich sogar in einem einzigen Metalle durch Erwärmung dergleichen Ströme erregen lassen, wie Seebeck zuerst zeigte. Becquerel hat nun weiter geschlossen, dass die Entstehung dieser Ströme durch eine ungleiche Fortschreitung der Wärme auf beiden Seiten der erhitzten Stelle bedingt sei, und dass hierbei das ungleiche Wärmeausstrahlungsvermögen eine Rolle spiele. Es würden sich also diese Ströme auf verschiedene Molecularveränderungen zu beiden Seiten der erwärmten Stelle oder auch auf gleichartige Molecularveränderungen in ungleichem Masse zurückführen lassen. Magnus behauptet dagegen, dass stets die Electricitätserregung durch die Berührung von heterogenen Substanzen bedingt werde. — In Bezug auf die Pyroelectricität in Krystallen wird besonders zu beachten sein, dass die Richtung des Stromes durch die Lage der Blätterdurchgänge bestimmt wird. Zu einer festen Ansicht über die Ursache der hier erregten electrischen Erscheinungen ist man indessen noch nicht gelangt.

Dass man durch Hindurchführung eines electrischen Stromes durch ein thermoelectrisches Element eine Temperaturerniedrigung erzeugen kann, darüber vergleiche Art. Peltier's Kreuz.

Thermograph heisst eine Vorrichtung zum Aufzeichnen der Temperaturen. Wesentlich ist dabei ein Uhrwerk, welches eine Walze in Bewegung setzt, auf welcher ein vertical und horizontal getheiltes Papier befestigt wird, um die Schriftzeichen aufzunehmen. Die sonstige Einrichtung ist verschieden, z. B. ein langer Draht, welcher den Schreibstift nahe an einem Ende trägt und durch seine Längenveränderung den Stift hebt oder senkt. Metallthermometer (s. d. Art.), namentlich das Holzmann'sche, lassen sich auch dazu herrichten. Es versteht sich von selbst, dass täglich ein neues Papier eingesetzt werden muss, wenn man nicht die sich in einem Tage einmal herumdrehende Walze so einrichtet, dass sie sich gleichzeitig hebt.

Thermographie nannte Knorre in Kasan (1843) die Herstellung von Wärmebildern nach Art der Moser'schen Hauchbilder (s. Art. Hauchbilder), nur dass eine Erhitzung der dabei benutzten Körper vorausgeht.

Thermoharmonika könnte man die chemische Harmonika (s. Art. Harmonika, chemische) nennen; Marx hat indessen diese Bezeichnung für ein musikalisches Instrument vorgeschlagen, welches sich auf die Benutzung der in erhitzten Röhren entstehenden Töne gründen soll (s. Art. Ton). Es dürfte die Herstellung eines solchen Instrumentes deshalb besondere Schwierigkeiten haben, weil man das sofortige Ansprechen der Röhren nicht in seiner Gewalt hat.



Thermohygrometer ist auch das Psychrometer (s. Art. Hygrometer. 3. S. 479) genannt worden.

Thermokette, s. Art. Thermoelectricität. C.

Thermolampe hat Lebon eine Lampe genannt, in welcher Holz verbrannt und gleichzeitig daraus Leuchtgas erzeugt werden sollte, um gleichzeitig zu heizen und zu beleuchten. Die Lampe hat sich als unbrauchbar erwiesen.

Thermomagnetismus nannte Seebeck anfänglich die Thermoelectricität (s. d. Art. B.).

Thermomanometer nannte Collardeau (1827) ein Quecksilberthermometer mit einer zum Messen der Elasticitäten des Wasserdampfes bestimmten Scala. S. Art. Dampf. S. 177 die beiden letzten Colonnen.

Thermometer, Wärmemesser, ist ein Instrument, welches zur Bestimmung der Temperatur (s. d. Art.) der Körper und überhaupt zur vergleichenden Messung der fühlbaren (freien) Wärme der Körper dient.

Unser Gefühl ist nicht ausreichend, um auf die in einem Körper enthaltene Menge des Wärmewesens einen sichern Schluss zu ziehen, wie vielfache Erfahrungen ergeben; in vielen Fällen ist es indessen nicht nur wünschenswerth, sondern sogar nothwendig, die Temperatur genau bestimmen zu können, so dass das Bedürfniss eines zuverlässigen Wärmemessers ein wohl begründetes ist. Es fragt sich nun, auf welches Princip ein solches Instrument zu gründen ist. Auf einen grösseren oder geringeren Wärmegehalt können wir nur aus Wirkungen schliessen, welche eine grössere oder geringere Menge des Wärmewesens voraussetzen lassen. Solcher Wirkungen giebt es mehrere: Volumenveränderungen, Aggregatsänderungen, optische, thermoelectrische Wirkungen; gewöhnlich benutzt man aber nur die durch Temperaturveränderungen bewirkten Volumenveränderungen, die im Allgemeinen darin bestehen, dass bei Temperaturerhöhung die Körper ein grösseres, und bei Temperaturerniedrigung ein kleineres Volumen erhalten. (Ausführlicher handelt hierüber Art. Ausdehnung der Körper durch die Wärme.) Andere zur Verwerthung gekommene Principe werden im Verlaufe dieses Artikels ihre Berücksichtigung finden.

Bei den Thermometern ist zu unterscheiden, ob sie bestimmt sind zur Messung der Temperaturen, welche im Umfange derjenigen liegen oder dieselben nur mässig überschreiten, welche in unserer Atmosphäre vorkommen, oder derjenigen, welche über diese Grenze hinausgehen, oder ob sie nur zur Angabe einer stattfindenden Temperaturdifferenz dienen sollen. Die beiden letzteren Arten finden ihre Erledigung in besonderen Artikeln, nämlich diejenigen für Hitzegrade im Art. Pyrometer und die anderen in den Artikeln Differentialthermometer und Thermomultiplicator. Es bleibt also hier nur die zuerst aufgeführte Art der Thermometer zur Erledigung übrig.

Zu den gewöhnlichen Thermometern bedient man sich des Quecksilbers oder des Weingeistes in gläsernen Behältern, da die Volumenveränderungen dieser Flüssigkeiten bedeutender als die des Glases sind. Die entschiedenen Vorzüge des Quecksilbers vor allen anderen tropfbaren Flüssigkeiten bestehen namentlich darin, 1) dass es sich sehr rein darstellen lässt; 2) dass es eine grosse Empfindlichkeit gegen Wärmeänderungen besitzt; 3) dass es innerhalb der gewöhnlichen Beobachtungen sein Volumen mit den Wärmeänderungen in demselben Verhältnisse verändert und 4) dass zu seinem Kochen eine verhältnissmässig hohe (+ 340° C.) und zu seinem Festwerden ebenso eine verhältnissmässig niedrige Temperatur (— 40°,5 C.) erforderlich ist. Newton hat sich zum Theil eines Leinölthermometers (s. d. Art.) bedient. Weingeist besitzt besondere Vorzüge für niedrige Temperaturen, weil er noch nicht zum Festwerden hat gebracht werden können — selbst nicht bei — 100° C. —, und weil er gerade bei den Temperaturen, bei welchen Quecksilber fest wird oder dieser Temperatur nahe ist, sich der Wärme proportional in seinem Volumen verändert.

Die Anfertigung eines Quecksilber-Thermometers erfordert zunächst eine mit einer Erweiterung an dem einen Ende versehene Haarröhre. Um diese mit der Flüssigkeit zu füllen, wird an das offene Ende der Röhre gewöhnlich eine trichterförmige Erweiterung angeblasen oder an demselben ein aus umgewickeltem Papiere gebildeter Trichter befestigt. In den Trichter bringt man eine zum Füllen mehr denn ausreichende Menge Quecksilber. Hierauf erwärmt man vorsichtig die am unteren Ende befindliche Erweiterung. Lässt man darauf wieder abkühlen, so fällt etwas Quecksilber aus dem Trichter in die Erweiterung. Nun erwärmt man die Erweiterung wieder, bis das in ihr enthaltene Quecksilber kocht, und unterhält dies Kochen so lange, bis man sicher ist, dass alle Luft aus der Erweiterung und Röhre vertrieben ist. Bei darauf eintretender Abkühlung füllen sich Erweiterung und Röhre mit Quecksilber, ohne dass Luft in denselben enthalten wäre. Hat die so gefüllte Röhre sich vollständig abgekühlt, so entfernt man das noch im Trichter befindliche Quecksilber und erwärmt die Erweiterung nochmals, so dass ein Theil des Quecksilbers aus der Mündung der Röhre heraustritt, welches man ebenfalls entfernt. Nach eingetretener Abkühlung wird die Erweiterung und nur ein Theil der Röhre noch gefüllt sein; wie weit das Letztere sein muss, hängt von der Bestimmung des anzufertigenden Instrumentes ab. Jetzt entfernt man den Trichter, erwärmt zum vierten Male, bis das Quecksilber an dem Ende der Röhre steht, und verschliesst dann schnell die Oeffnung mit einem Tropfen Siegellack. Nach erfolgter Abkühlung schmilzt man das bereits vorläufig geschlossene Ende vor einer Stichflamme zu, und dann ist das Thermometer bis auf die Eintheilung fertig. Wenn diese Operationen glücklich von Statten gegangen sind, so wird in dem nicht mit Quecksilber gefüllten Raume

der Röhre keine Luft enthalten sein, so dass beim Umkehren des Rohres, wobei also die Kugel oben sich befindet, das Quecksilber an das Ende der Röhre läuft, namentlich wenn man dies durch einen kleinen Ruck befördert.

Um dem Instrumente die gebräuchliche Eintheilung zu geben, setzt man dasselbe in thauendes, kleingehacktes Eis oder in schmelzenden Schnee. Das Quecksilber wird sich hierbei immer mehr nach der Erweiterung zurückziehen, endlich aber an einer Stelle stehen bleiben, so lange noch nicht aller Schnee geschmolzen oder alles Eis gethaut ist. Diese Stelle, welche der Eisschmelzpunkt genannt wird, merkt man sich an der Röhre. Hierauf bringt man das Instrument in ein metallenes mit Wasser gefülltes Gefäss und erwärmt bis zum Kochen, wobei höchstens die Erweiterung in das Wasser taucht. Auf diese Weise erhält man nach Parrot's Bezeichnung ein Hydrothermometer, während ein Atmothermometer gewonnen wird, wenn man die Erweiterung nur in den Dampf hält. Das Quecksilber füllt hierbei die Röhre immer mehr aus, doch hört das Steigen desselben auf, sobald das Wasser zu wallen beginnt. Diese Stelle, welche man den Siedepunkt nennt, merkt man sich ebenfalls an der Röhre. Der Abstand des Eisschmelzpunktes und Siedepunktes heisst der Fundamentalabstand und beide Punkte werden wohl auch Fundamentalpunkte genannt, weil sie die Grundlage oder das Fundament für die Eintheilung oder Scala abgeben.

Die Eintheilung des Fundamentalabstandes kann auf verschiedene Art geschehen. Theilt man denselben in 80 gleiche Theile und setzt dabei 0 an den Eisschmelzpunkt und 80 an den Siedepunkt, so erhält man die achtzigtheilige Scala oder die Eintheilung nach Réaumur; theilt man denselben in 100 gleiche Theile und setzt dabei 0 wieder an den Eisschmelzpunkt, aber 100 an den Siedepunkt, so erhält man die hunderttheilige Scala oder die Centesimal-Scala oder die Eintheilung nach Celsius; theilt man denselben in 180 gleiche Theile und setzt dabei 32 an den Eisschmelzpunkt und 212 an den Siedepunkt, so erhält man die Fahrenheit'sche Scala. Unter dem Eisschmelzpunkte bringt man nach der Erweiterung hin ebenfalls solche Theile, wie zwischen den Fundamentalpunkten an und zählt diese bei der Réaumur'schen und Celsius'chen Eintheilung von 0 aus als negative (—) Grade, während man die zwischen den Fundamentalpunkten positive (+) Grade nennt; bei der Fahrenheit'schen Eintheilung zählt man von dem Eisschmelzpunkte von 32 abwärts bis zu 0 und dann beginnen erst unter 0 die negativen Grade. Um bei der Angabe des Quecksilberstandes die zu Grunde liegende Scala sofort zu erkennen, schreibt man hinter die betreffende Gradzahl bei der Réaumur'schen Eintheilung *R.*, z. B. $+ 8^0$ *R.*, bei der Celsius'schen Eintheilung *C.*, z. B. $+ 10^0$ *C.*, und bei der Fahrenheit'schen Eintheilung *F.*, z. B.

$+ 50^0$ *F*. Hiernach ist also: $0^0 R. = 0^0 C. = + 32^0 F.$ und $+ 80^0 R. = + 100^0 C. = + 212^0 F.$ — Eine nur bei einigen Petersburger Beobachtungen zur Verwerthung gekommene Eintheilung ist die von De l'Isle (1733) angegebene, bei welcher am Siedepunkte 0 und am Eisschmelzpunkte 150 stand. — Eine von Walferdin (1855) vorgeschlagene 400theilige Scala, bei welcher der Nullpunkt dem Gefrierpunkte des Quecksilbers entsprechen sollte, um die Vorzeichen + und — zu umgehen, hat sich ebenfalls keines Beifalls zu erfreuen gehabt.

Bei der Berechnung der Thermometergrade nach der einen Scala in solche nach den beiden anderen ist derselbe Fundamentalabstand selbstverständlich zu Grunde zu legen und es kommen also auf dieselbe Scalenlänge $80^0 R.$, $100^0 C.$ und $180^0 F.$, folglich sind der Länge nach gleich zu rechen $4^0 R.$, $5^0 C.$ und $9^0 F.$, oder es entsprechen der Länge nach einander $1^0 C.$, ${}^4/_5{}^0 R.$ und ${}^9/_5{}^0 F.$, ferner $1^0 R.$, ${}^5/_4{}^0 C.$ und ${}^9/_4{}^0 F.$, endlich $1^0 F.$, ${}^5/_9{}^0 C.$ und ${}^4/_9{}^0 R.$, oder allgemein der Länge nach bei demselben Fundamentalabstande $n^0 C. = {}^4/_5\, n^0 R. = {}^9/_5\, n^0 F.$; $n^0 R. = {}^5/_4\, n^0 C. = {}^9/_4 n^0 F.$ und $n^0 F. = {}^5/_9 n^0 C. = {}^4/_9 n^0 R.$ Da jedoch nicht bei allen drei Eintheilungen der Nullpunkt der Scala auf derselben Stelle liegt, so erhält man hiernach nur bei der Umwandlung der Grade nach Réaumur und Celsius in einander das gesuchte Resultat, während bei Fahrenheit'schen Graden noch zu berücksichtigen ist, dass am Eisschmelzpunkte + 32 steht. Hiernach ergiebt sich für die Berechnung: $\pm n^0 C. = \pm {}^4/_5{}^0 R. = (32 \pm {}^9/_5\, n)\, {}^0 F.$; $\pm n^0 R. = \pm {}^5/_4 n^0 C. = (32 \pm {}^9/_4 n)^0 F.$; $\pm n^0 F. = {}^5/_9\, (\pm n - 32)\, {}^0 C. = {}^4/_9\, (\pm n - 32)\, {}^0 R.$

Soll nach der angegebenen Anfertigungsweise, welche auch für die Füllung mit Weingeist gilt, das Thermometer genau werden, so muss die Thermometerröhre durchweg von demselben Caliber sein, d. h. die Röhre muss in ihrer ganzen Länge gleiche Weite haben. Wie man eine Röhre auf ihr Caliber prüft, darüber s. Art. Calibriren. Da man viele Röhren durchprobiren muss, ehe man eine solche findet, deren Caliber durchweg dasselbe ist, so sind Thermometer mit derartigen Röhren verhältnissmässig theuer. Die gewöhnlichen Thermometer werden in der Regel mit Benutzung eines ganz genauen, sogenannten Normalthermometers angefertigt und stimmen, da bei ihnen das Caliber nicht untersucht worden ist, gewöhnlich nur an einzelnen Punkten, nämlich ausser an dem Eisschmelzepunkte und Siedepunkte noch bei dem 10. und 20. Grade über dem Eisschmelzepunkte, überein. Indessen leuchtet ein, dass man mit Benutzung eines Normalthermometers auch die ungenaueste Röhre von Grad zu Grad genau eintheilen könnte. Gay-Lussac hat genaue Thermometer dadurch herzustellen versucht, und Körner hat das Verfahren noch vervollkommnet, dass er eine Röhre von ungleichem Caliber im Voraus in Theile von gleichem Vo-

lumen eintheilte, indem er ein Quecksilbertröpfchen durch die Röhre gehen liess und die an einander stossenden Längen desselben markirte.

Ein völlig luftleeres Thermometer ist einem anderen vorzuziehen, weil bei starker Erwärmung, z. B. wenn das Thermometer in heisses Wasser kommt, die Luft über dem Quecksilber in Folge der starken Zusammendrückung sich leicht zwischen das Quecksilber drängt, den Quecksilberfaden theilt und so das Instrument gänzlich unbrauchbar macht.

Die einzelnen Grade eines Thermometers werden desto grösser, je grösser die Erweiterung ist, also je mehr Quecksilber dieselbe fasst, und ein je engeres Caliber die Röhre hat. Dies kommt namentlich in Betracht bei dem Psychrometer (s. Art. Hygrometer. S. 479), weil bei diesem die einzelnen Grade gewöhnlich in 5 gleiche Theile getheilt werden, und bei dem zu thermometrischen Höhenmessungen bestimmten Hypsometer (s. Art. Höhenmessung. B. S. 457), weil hier ein Grad in 50 gleiche Theile getheilt zu werden pflegt, so dass also ein einzelner Grad wenigstens die Länge eines Zolles hat. Da man aber in einer sehr engen cylindrischen Röhre den feinen Quecksilberfaden nur schwer erkennen würde, so wählt man zu Thermometern mit grossen Graden Röhren, die im Innern einen ovalen Querschnitt haben und an der Scala so angebracht werden, dass das Auge die breite Seite vor sich hat.

Bei der Bestimmung des Siedepunktes muss der Barometerstand berücksichtigt werden, da die Siedetemperatur von dem auf der Oberfläche lastenden Drucke abhängig ist (s. Art. Sieden). Für das in Deutschland gebräuchliche 80theilige Thermometer nimmt man als Normalbarometerstand 28″ = 336 par. Linien = 0,ᵐ 74254; für das in Frankreich gebräuchliche hundertheilige 0,ᵐ 76 = 336,9 par. Linien. Gewöhnlich findet sich über den bei der Bestimmung des Siedepunktes zu Grunde liegenden Barometerstand an dem Instrumente selbst die nöthige Angabe. Ein Zoll Abweichung von dem Normalbarometerstande bewirkt im Allgemeinen eine Aenderung des Siedepunktes um 1 Centesimalgrad. In England bedient man sich gewöhnlich der Fahrenheit'schen Eintheilung.

Bei den meisten Thermometern verändert sich mit der Zeit die Stelle des Eisschmelzepunktes und zwar rückt er höher. Dies liegt ohne Zweifel darin, dass durch den äusseren Luftdruck die Capacität der Kugel vermindert wird. Ein Herabrücken des Eisschmelzpunktes hat Egen bemerkt, so oft das Thermometer stark erhitzt wurde, Person beobachtete, als er ein Thermometer mehrere Stunden lang auf 440° *C.* erhielt, eine Erhöhung des Eisschmelzpunktes von 12, 15 und 17° *C.*

Bei der Verfertigung von Weingeistthermometern verfährt man im Allgemeinen wie bei Quecksilberthermometern. Die Röhren können, um Grade von bestimmter Länge zu erhalten, bei der-

selben Grösse der Erweiterung weiter sein als bei dem Quecksilberthermometer, da sich der Weingeist stärker ausdehnt. Um den Stand der Flüssigkeit besser sehen zu können, färbt man den Weingeist gewöhnlich mit Safran. Da Weingeist und Quecksilber innerhalb des Fundamentalabstandes ungleiche Ausdehnung haben und die des Weingeistes hier nicht der Wärme proportional ist, so kann man nicht durch die oben angegebene Eintheilungsweise Weingeistthermometer erhalten, welche mit einem Quecksilberthermometer übereinstimmen, sondern muss, um dies zu erreichen, bei der Eintheilung ein Normalthermometer zu Grunde legen. Da der Weingeist die Glaswand benetzt, so muss man das Instrument möglichst in aufrechter Stellung zu erhalten suchen und nicht umlegen.

In geschichtlicher Beziehung bemerken wir, dass Cornelius Drebbel, ein gelehrter Landmann zu Alkmaar in Holland, gewöhnlich als derjenige angeführt wird, welcher zuerst den Gedanken ausgeführt habe, die Volumenveränderung der Körper bei Wärmeänderungen zum Messen der Wärme zu benutzen. Es ist in neuester Zeit dieser Punkt zweifelhaft geworden; soviel steht indessen fest, dass Drebbel ein derartiges Instrument construirt hat und zwar vor Torricelli's Entdeckung des Luftdruckes (vergl. Art. Perpetuum mobile). Das Instrument bestand aus einer engen, an dem einen Ende mit einer Kugel versehenen Glasröhre, die mit ihrem offenen Ende in ein Gefäss tauchte, welches mit verdünnter, durch aufgelöstes Kupfer gefärbter Salpetersäure gefärbt war. Die Luft in der Kugel war durch Erwärmung so weit verdünnt, dass die Röhre bei einer mittleren Temperatur etwa zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllt war. Wurde die an dem oberen Ende der Röhre befindliche Kugel erwärmt, so fiel die Flüssigkeit in der Röhre; wurde die Kugel abgekühlt, so stieg die Flüssigkeit. Drebbel schloss nun, dass ein Fallen der Flüssigkeit eine Temperaturerhöhung und ein Steigen eine Temperaturerniedrigung anzeige. — Bald nachher kam eine Abänderung des Instrumentes in der Form eines Flaschen- oder Phiolenbarometers auf, nur dass die Kugel an dem unteren umgebogenen Ende verschlossen und die Röhre oben offen war. Dies Instrument war mit Quecksilber oder mit derselben Flüssigkeit, wie das vorige Instrument, gefüllt, so dass die Kugel zum Theil noch Luft enthielt und bei gewöhnlicher Temperatur die Flüssigkeit die halbe Röhrenhöhe einnahm. Hier sollte ein Steigen der Flüssigkeit eine Temperaturzunahme und ein Fallen eine Abnahme anzeigen. — Wenn die Temperaturveränderung die einzige Ursache wäre, welche die angegebenen Veränderungen im Stande der Flüssigkeit bewirkt, so würde man berechtigt sein, aus der eintretenden Veränderung im Stande der Flüssigkeit auf die angegebene Aenderung der Temperatur zurück zu schliessen. Dem ist jedoch nicht so, da der Luftdruck auf den Stand der Flüssigkeit Einfluss ausübt. Es genügt der Nachweis, dass die Flüssigkeit steigen

und fallen kann, ohne dass eine Temperaturveränderung eingetreten ist. Nimmt nämlich der Luftdruck zu, so wird das Gleichgewicht zwischen der Luft im Innern des Instrumentes und der äusseren Luft gestört, und da die letztere stärker drückt, so wird die erstere auf ein kleineres Volumen zusammengepresst, was ein Fallen der Flüssigkeit in der Röhre zur Folge haben muss. Ebenso ist ein Steigen der Flüssigkeit bedingt, wenn bei ungeänderter Temperatur der Druck der äusseren Luft abnimmt. — Dass Drebbel diesen Fehler des Instrumentes nicht kannte, gereicht ihm insofern zu keinem Vorwurfe, als er von dem Luftdrucke nichts wusste. Er scheint das Instrument bereits 1605 gehabt zu haben und erst 1645 wurde Torricelli's Entdeckung bekannt. Als man den Einfluss des Luftdrucks auf das Instrument kennen gelernt hatte, hielt man den Gedanken, welcher zur Messung der Wärme führen sollte, fest.

Amonton, von welchem die angeführte Abänderung des Drebbel'schen Thermometers herrührt, berücksichtigte bereits den Barometerstand, indem er das Instrument mit Quecksilber füllte. Ein Verschluss des oberen offenen Endes der Röhre beseitigte überdies den Einfluss des äusseren Luftdrucks. Das Instrument war seiner Grösse wegen unbequem. Die Form der jetzt gewöhnlichen Thermometer erfanden schon im 17. Jahrhunderte die Florentiner Academiker. Die Füllung bestand aus gefärbtem Weingeiste und an der Röhre war ein Punkt als Ausgangspunkt einer Eintheilung angegeben, nämlich die Stelle, bei welcher die Flüssigkeit die Temperatur eines tiefen Kellers, die man als unveränderlich erkannt hatte, anzeigte. Von diesem Punkte aus war die Eintheilung willkürlich, nur dass man nach dem ersten Instrumente die anderen eintheilte, um eine Uebereinstimmung zu erhalten. — Die Festsetzung zweier Fundamentalpunkte war ein Hauptfortschritt; die Bestimmung des Eisschmelzpunktes und Siedepunktes als solche haben wir wahrscheinlich Linné zu danken (Poggend. Annal. Bd. 63. S. 122). — Daniel Gabriel Fahrenheit in Danzig nahm die Kälte von 1709, die er auch durch eine Mischung von Schnee oder Eis, Wasser und Salmiak oder Seesalz hervorbringen konnte, als Nullpunkt an und bezeichnete den Siedepunkt des Quecksilbers mit 600. Später sah man, dass + 32 dieser Eintheilung der Eisschmelzpunkt und + 212 der Siedepunkt des Wassers war. — Réaumur (1725) füllte sein Thermometer mit verdünntem Weingeist und da er fand, dass dieser sich innerhalb der Fundamentalpunkte um $^{80}/_{1000}$ des Volumens bei 0 Grad ausgedehnt hatte, so kam er auf seine Eintheilung in 80 Grade. Deluc nahm später Quecksilber, behielt aber die Eintheilung in 80 Grade bei. Das jetzige achtzigtheilige Thermometer sollte also eigentlich das Deluc-sche und nicht das Réaumur'sche heissen. — Der Schwede Celsius schlug 1742 die Eintheilung in 100 Grade ohne Rücksicht auf die absolute Ausdehnung der zur Füllung verwendeten Flüssigkeit vor. In

neuester Zeit haben Walferdin und namentlich Geissler in Bonn, desgleichen Geissler in Berlin die vorzüglichsten Thermometer angefertigt.

Das genaueste Thermometer würde dasjenige sein, bei welchem Luft die thermometrische Substanz wäre. Ein solches würde das verschlossene Amonton'sche Thermometer sein. Die luftförmig flüssigen Körper zeigen nämlich (s. Art. Ausdehnung. C. S. 57) bei demselben Luftdrucke, wenn sie rein sind, alle für gleich grosse Temperaturunterschiede fast gleich grosse Volumenveränderungen, so dass also die Volumenveränderung der Wärme proportional ist.

Das Quecksilberthermometer ist nur bis 100° *C.* ein richtiger Wärmemesser; über diese Grenze hinaus muss man eine Correctur anwenden, um aus seinen Anzeigen den wahren Wärmegrad zu erhalten. Diese Correction läuft auf Folgendes hinaus: Man multiplicirt die Summe $0{,}09 + 0{,}00028 \,.\, t$ mit $^1/_4\, t$ und subtrahirt das Product von der beobachteten Temperatur T, wo t die Anzahl der über 100° liegenden Grade des hunderttheiligen Thermometers bedeutet. Man erhält also die Formel

$$x = T - {}^1/_4\, t\,(0{,}09 + 0{,}00028 \,.\, t),$$

welche bis zu 300° genaue Resultate giebt, aber von da bis zum Siedepunkte des Quecksilbers auch nur geringe Abweichungen zeigt.

Ausser den tropfbarflüssigen Körpern und der Luft hat man auch feste Körper, namentlich Metalle zur Herstellung von Thermometern zu verwenden gesucht. Hierüber vergl. Art. Metallthermometer.

In vielen Fällen ist es wünschenswerth, die grösste und kleinste Temperatur zu kennen, welche innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes stattgefunden hat. Thermometer, welche zu diesem Zwecke eingerichtet sind, nennt man Maximum- und Minimum-Thermometer oder Thermometrographen oder selbstregistrirende Thermometer. Am häufigsten wird der Thermometrograph von Rutherford gebraucht. Dies Instrument besteht aus zwei an derselben Fassung befestigten horizontal und mit ihren Kugeln entgegengesetzt liegenden Thermometern, von denen das eine mit Quecksilber, das andere mit gefärbtem Weingeiste gefüllt ist. In der Röhre des Quecksilberthermometers befindet sich oberhalb des Quecksilbers ein kleiner Cylinder von Stahl oder Eisen, der sich ohne merkliche Reibung in der Röhre bewegen kann. Diesen treibt die Quecksilbersäule bei steigender Temperatur vor sich her und lässt ihn bei abnehmender an seiner Stelle liegen. Dieser Cylinder zeigt somit durch seine Stelle das Maximum der Temperatur an. In der Röhre des Weingeistthermometers ist hingegen ein stecknadelartiger Stift aus Glas oder Email angebracht, der mit der Spitze nach der Kugel und mit dem Knopfe nach der Oberfläche der Flüssigkeit hin im Weingeiste ganz eingetaucht ist. Zieht sich der Weingeist bei einer Temperaturabnahme zusammen, so nimmt er diesen Zeiger mit

sich fort, so wie aber der Weingeist bei eintretender Temperaturerhöhung sich ausdehnt, geht die Flüssigkeit an den Seiten des Stiftes vorbei und er bleibt an der Stelle, an welcher er sich beim tiefsten Stande dieser Säule befand, liegen. Aus der Lage dieses Stiftes erkennt man mithin das Minimum der Temperatur. Es ist wesentlich, dass die beiden Thermometer wenigstens nahe horizontal liegen, damit die Stifte leicht verschoben werden und wirklich liegen bleiben. Ist die Beobachtung gemacht, so wird die Platte, welche beide Thermometer trägt, an der Fassung so gedreht, dass die Kugel des Quecksilberthermometers unten liegt. Bei dieser Stellung fällt das Stahlstiftchen auf die Oberfläche des Quecksilbers und der Stift in dem Weingeiste sinkt bis an die Oberfläche herab, indem bei diesem Thermometer die Kugel oben steht. Sind auf diese Weise die Stifte wieder in die richtige Lage gebracht, so dreht man die Platte wieder so, dass die Thermometerröhren horizontal liegen, und stellt sie fest. Bei dieser Einrichtung ergab sich, dass das Stahlstiftchen doch nicht immer an der höchsten Stelle liegen geblieben war, weil es immerhin an dem Quecksilber etwas adhärirte. Deshalb hat man später zwischen das Quecksilber und Stahlstiftchen noch ein kleines, etwa einen Grad langes Glasstäbchen gebracht. Trotzdem ist das Instrument noch nicht zuverlässig, da eintretende Erschütterungen leicht eine Verschiebung des Stahlstiftchens zur Folge haben.

Negretti und Zambra haben ein anderes Maximum-Thermometer construirt. Das Thermometer ist dicht über der Kugel rechtwinkelig umgebogen und in der Umbiegungsstelle befindet sich ein mit umgebogener und dadurch festgeklemmter Glasstift, welcher einen sehr dünnen Kanal für das sich ausdehnende Quecksilber übrig lässt. Bei horizontaler Stellung des Instrumentes trennt sich, wenn die Wärme abzunehmen beginnt, das Quecksilber an dieser Stelle, so dass man die Ablesung des Maximums später unmittelbar am Ende des getrennten Quecksilberfadens erhält. Neigt man nun das Instrument, so dass die Kugel nach unten zu stehen kommt, und giebt ihm eine kleine Erschütterung, so vereinigt sich der getrennte Faden wieder mit dem Quecksilber in der Kugel.

Bei dem obigen Minimum-Thermometer ist ein Uebelstand, dass beim Gebrauche die beiden Thermometer, selbst wenn sie zu Anfang übereinstimmten, dies nach einiger Zeit nicht mehr thun. Bei dem Umkehren der Thermometer kommt nämlich die Kugel des Weingeistthermometers nach oben und Folge davon ist, dass sich mit der Zeit etwas Weingeist an dem der Kugel entgegengesetzten Ende ansammelt. Man muss dann das Weingeistthermometer aus der Fassung nehmen und einige Zeit aufrecht stehen lassen, bis die Flüssigkeit wieder vereint ist. — Casella in London hat nun ein Quecksilber-Minimum-Thermometer construirt, bei welchem sich das Quecksilber bei Temperaturerhöhung in ein birnförmiges, in einer capillaren Oeffnung endigendes Gefäss, welches in einen Nebenkanal der Hauptröhre mündet, ausdehnt, bei Tem-

peraturabnahme hingegen in der Hauptröhre sich zusammenzieht. Dies Thermometer hat Beifall gefunden und Geissler in Berlin hat nun dasselbe Princip zu einem Maximum-Thermometer benutzt. Denkt man sich ein gewöhnliches Thermometer in der Nähe der Kugel zerschnitten und beide getrennte Enden in feine Capillaröffnungen ausgezogen, die durch einen weiteren angeschmolzenen Cylinder dann wieder vereinigt werden, so dehnt sich bei horizontaler Lage des Instruments das Quecksilber der langen Thermometerröhre aus, wenn die Temperatur zunimmt, verlässt aber bei der Zusammenziehung in Folge einer Temperaturabnahme diese nicht, sondern bleibt in der conischen Verengerung haften, so dass nun das andere Ende des Quecksilberfadens das stattgehabte Maximum anzeigt. Nach jedem beobachteten Maximum bringt man das Thermometer einfach dadurch wieder in Ordnung, dass man es aufrichtet.

Cavendish scheint zuerst selbstregistrirende Thermometer in Vorschlag gebracht zu haben; ausserdem ist zu vergleichen Art. Sixthermometer. Zur Bestimmung der Temperatur in grossen Tiefen der Erde dient das Geothermometer (s. Art. Erdthermometer). Wegen der Ermittelung der höchsten und niedrigsten Temperatur in der Meerestiefe s. Art. Umkehrungsthermometer, desgleichen wegen der Hypsometer Art. Höhenmessung. Thermometrographen von Kreil, Krecke, Blackadder u. A. haben jetzt nur noch historisches Interesse.

Thermometer, electrisches, ist ein von Riess erfundenes Instrument, um nachzuweisen, dass die bei einer electrischen Entladung erregte Wärme unter sonst gleichen Umständen der Menge und der mittleren Dichtigkeit der Electricität in der Batterie proportional ist, abgesehen namentlich von der Beschaffenheit des Schliessungsbogens. Ein dünner Draht ist in eine hohle Glaskugel eingeschlossen, mit welcher eine mit irgend einer Flüssigkeit gefüllte Röhre verbunden ist. Die Erwärmung des Drahtes durch den Entladungsschlag theilt sich der denselben umgebenden Luft mit und dehnt diese aus, wodurch die Flüssigkeit in der Röhre verschoben wird. Die Grösse der Verschiebung wird an einer Scala beobachtet, welche an der Röhre angebracht ist, und dadurch die Ausdehnung der Luft und dadurch die Temperaturveränderung bestimmt.

Thermometrograph oder Maximum- und Minimum-Thermometer oder selbstregistrirendes Thermometer, s. Art. Thermometer am Ende.

Thermomultiplicator Melloni's ist eine Thermosäule (s. Art. Thermoelectricität. C.), die mit einem Galvanometer, dessen Multiplicator aus starkem Drahte besteht, leitend verbunden ist. Die Thermosäule besteht aus Stäbchen von Wismuth und Antimon (32^{mm} lang $2{,}5^{mm}$ dick und 1^{mm} breit), deren 25 bis 35 Paare mit ihren

Enden abwechselnd zusammengelöthet sind, ohne dass sonst eine leitende Berührung stattfände. Zwei Kupferdrähte, von denen der eine an das erste, der andere an das letzte Stäbchen angelöthet ist, bilden die Enden dieser Säule und stehen mit den Drahtenden des aus eisenfreiem Kupferdrahte gebildeten Multiplicators in Verbindung. Die Stäbchen sind durch Seide und Firniss noch gegen Berührung geschützt und die ganze Säule liegt isolirt in einem Kupferringe. Melloni hat diese Säule namentlich bei seinen Untersuchungen über strahlende Wärme benutzt. Die geringste Temperaturdifferenz an den entgegengesetzten Enden der Säule veranlasst einen electrischen Strom, der eine Ablenkung der Magnetnadel im Galvanometer bewirkt. Die Ablenkungen der Nadel haben sich bis zu etwa 20° der Temperaturdifferenz proportional ergeben. — Eigentlich hat wohl Nobili die Anregung zu dem Thermomultiplicator gegeben; Melloni denselben aber zuerst vorzugsweise benutzt.

Thermoneutralität ist ein Begriff, den Hess aufgestellt hat, der sich aber nicht als statthaft erwiesen. Er nannte neutrale zusammengesetzte Lösungen thermoneutral, weil er meinte, dass zwei neutrale Salze in Lösungen, welche gleiche Temperatur besitzen und durch gegenseitige Zersetzung zwei neue Salze bilden, keine oder so gut wie keine Wärme entwickelten.

Thermophon, s. Art. Trevelyan-Instrument.

Thermoroskop hat Dutrochet ein übrigens nicht weiter beachtetes Instrument genannt, welches aus einer Röhre bestand, in welcher eine Flüssigkeit durch von aussen einwirkende Wärme an der einen Seite stieg und an der andern sank.

Thermosiphon heisst ein von Fowler erfundener Apparat, welcher im Wesentlichen auf das Aufsteigen des Wassers in einem Heber hinausläuft, wenn das Wasser im aufsteigenden Schenkel erwärmt wird, selbst wenn der absteigende Schenkel mit seiner Mündung nicht bis unter das Niveau des Behälters reicht. Man hat Anwendung davon namentlich zur Heizung von Gewächshäusern gemacht.

Thermoskop nannte Rumford sein Differentialthermometer (s. d. Art.). Jedes Thermometer ist ein Thermoskop, namentlich wenn es empfindlich ist, da ein solches Instrument nur eine eingetretene Temperaturveränderung anzeigen soll.

Thermostat hat Heeren die Apparate (Gestelle) genannt, deren man sich im Laboratorium bedient, um über der Lampe irgend einen Stoff bequem zu erhitzen; andererseits versteht man darunter einen Apparat, um einen Körper constant auf einer bestimmten Temperatur zu erhalten, z. B. bei Brütöfen.

Thermotik soll den Inbegriff aller die Wärme betreffenden Lehren bezeichnen.

Theurgie oder weisse Magie, s. Art. Zauberkunst.

Thiere, leuchtende oder phosphorescirende, s. Art. Leuchtthiere.

Thierische Electricität begreift diejenigen electrischen Erscheinungen in thierischen Organismen oder an Theilen derselben, welche ohne das Dazwischentreten besonderer electrischer Motoren auftreten. Die Erscheinungen an den electrischen Fischen (s. Art. Fische, electrische) mussten schon aufmerksam machen, dass derartige Erscheinungen auf diese Classe der Organismen und auf die in derselben deshalb besonders hervortretenden Arten nicht beschränkt sein dürften. Das Räthsel entzog sich indessen der Lösung, so dass erst in neuester Zeit (1850) durch Du Bois-Reymond derselben näher getreten wurde.

Schon Galvani gelang es, ohne Anwendung irgend eines Electromotors einen Froschschenkel blos dadurch zum Zucken zu bringen, dass er den präparirten frei aus dem Schenkel heraushängenden Nerven auf den Schenkel zurückwarf; aber die Erklärung war nicht richtig. Nobili gelang es, den Froschstrom (s. d. Art.) als wirklich electrischen nachzuweisen. Matteucci führte diese Versuche weiter; endlich zeigte aber Du Bois-Reymond, dass überhaupt in jedem Muskel und zwar aller Thiere Ströme circuliren. Wir können hier nicht auf eine Beschreibung der Versuchsmethode eingehen, die ungemeine Vorsichtsmassregeln erfordert. Das aufgefundene Gesetz des Muskelstromes lautet: Wird ein beliebiger Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnitts eines Muskels (oder seiner Oberfläche) mit einem gleichfalls beliebigen Punkte des natürlichen oder künstlichen Querschnitts desselben Muskels dergestalt in Verbindung gebracht, dass dadurch keine Spannung entsteht, so zeigt eine in den unwirksam leitenden Bogen eingeschaltete stromprüfende Vorrichtung (Multiplicator) gleichwohl einen Strom an, der von dem Punkte des Längsschnitts in dem Bogen zu dem Punkte des Querschnitts geht. — Schwächere Ströme zeigen sich, wenn zwei Punkte eines Querschnitts oder zwei Punkte eines Längsschnitts in Verbindung gebracht werden, und zwar in folgender Weise. Wird ein Punkt eines natürlichen oder künstlichen Querschnitts eines Muskels auf die vorige Weise in Verbindung gebracht mit einem andern Punkte desselben Querschnitts, oder einem Punkte eines andern natürlichen oder künstlichen Querschnitts desselben Muskels, den man sich als Cylinder denken kann, und sind beide Punkte von dem Mittelpunkte der Kreise, welche die senkrecht auf die Axe des Cylinders gedachten Querschnitte darstellen, ungleich weit entfernt: so zeigt die stromprüfende Vorrichtung zwar einen Strom an, der aber viel schwächer als der vorhergehende, und von dem weiter vom Mittelpunke entfernten Punkte, in dem Bogen, zu dem ihm näher gelegenen gerichtet ist. — Wird drittens ein dem geometrisch mittleren Querschnitte des Cylinders, den der Muskel vorstellt, näher gelegener Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnitts auf die nämliche Weise in Verbin-

dung gebracht mit einem entfernter von jenem Querschnitte gelegenen Punkte des natürlichen oder künstlichen Längsschnitts desselben Muskels: so zeigt die stromprüfende Vorrichtung abermals einen Strom an, der viel schwächer ist als der zwischen beliebigen Punkten des natürlichen oder künstlichen Längs- oder Querschnitts, aber dem zwischen verschiedenen Punkten eines oder zweier natürlichen oder künstlichen Querschnitte an Stärke gleichkommt, und von dem dem mittleren Querschnitte näher gelegenen Punkte, in dem Bogen, zu dem davon entfernteren gerichtet ist. — Die stromprüfende Vorrichtung bleibt dagegen in Ruhe, wenn die beiden durch den unwirksam leitenden Bogen verbundenen Punkte auf einem oder zweien natürlichen oder künstlichen Querschnitten gleichen Abstand vom Mittelpunkte, oder auf dem natürlichen oder künstlichen Längsschnitte gleichen Abstand vom mittleren Querschnitte haben. — Jedes kleinste noch reizbare Stück eines Muskels vermag in der obigen Weise einen Strom zu geben.

Es weist nun Du Bois-Reymond nach, dass es das Primitivmuskelbündel selber ist, in welchem der Strom erzeugt wird. Zur Erklärung nimmt derselbe im Muskel wirksame Molecüle an, die er electromotorische Muskelmolecüle nennt, und an denen er eine peripolare (s. Art. Peripolare Molecüle) Anordnung der ungleichartigen Bestandtheile voraussetzt, weil das Bezeichnende ein ringförmiger ungleichartiger Streifen am Aequator der irgend wie gestalteten Molecüle ist, wodurch der ganze Umfang desselben als positiver Pol den beiden negativen Polarzonen entgegen tritt. Diese peripolar electromotorischen Molecüle sind von einer indifferenten leitenden Substanz umgeben und dermassen regelmässig vertheilt, dass ihre Axe der Axe der Muskelfasern parallel ist. Inzwischen giebt es Gründe, welche dazu berechtigen, an die Stelle der peripolar electromotorischen Molecüle Gruppen dipolar electromotorischer Molecüle treten zu lassen, welche einem mit seinen Flächen zusammengelötheten Plattenpaare vergleichbar, einfach einen positiven und einen negativen Pol besitzen und sich, unter gewissen Umständen, in peripolarer Anordnung zusammenfügen.

Auch in den Nerven fand Du Bois-Reymond eine electrische Strömung, die im Wesentlichen dasselbe Gesetz wie der Muskelstrom befolgt. Auch ist anzunehmen, dass der Nervenstrom von peripolar angeordneten ungleichartigen Bestandtheilen im Nerven herrührt.

Der Muskel- und Nervenstrom erleiden bestimmte Veränderungen in dem Augenblicke, wo im Muskel die Zusammenziehung und im Nerven der sowohl Bewegung als Empfindung vermittelnde Vorgang stattfindet. Der Muskelstrom erfährt bei der Zusammenziehung des Muskels namentlich eine negative Schwankung (s. Art. Tetanisiren und Tetanus) und zwar beruht dies auf einer dabei eintretenden Abnahme der electromotorischen Kraft der Muskeln. Diese Veränderung im Muskelstrome



zeigt sich auch am lebenden ganz unversehrten Körper der Thiere und Menschen.

In Betreff der Nerven ergab sich, dass in dem Augenblicke, wo man den Kreis der Kette durch einen solchen schliesst, der Strom eine beträchtliche Veränderung seiner Grösse erleidet, und zwar dass anscheinend eine Vergrösserung des Nervenstromes stattfindet, wenn der Strom der Kette in dem Nerven gleiche Richtung mit dem Nervenstrome im Nervenstück hat, hingegen anscheinend eine Verkleinerung, wenn die Richtung beider Ströme entgegengesetzt ist. Diesen Zustand der Veränderung, welche der Nerv hinsichtlich seiner electromotorischen Kräfte durch den erregenden Strom erfährt, nennt Du Bois-Reymond den electrotonischen Zustand. Nimmt man an, dass jedes peripolare Molecül aus zwei dipolaren Molecülen zusammengesetzt ist, welche beide ihre positiven Pole einander zukehren und die negativen von einander abwenden, so besteht der Uebergang eines Nerven in den electrotonischen Zustand darin, dass sich die eine Hälfte jedes peripolaren Molecüls um 180 Grad herumdreht. Die Anordnung entspricht dann der Anordnung von Kupfer und Zink in der Volta'schen Säule und die electromotorische Wirkung ist auch dem entsprechend. Es tritt dann gewissermassen der Anfang einer Electrolyse ein. Der durch den Eintritt eines electrischen Stromes in den Nerven bewirkte Uebergang seiner Molecüle aus der peripolaren in die dipolare Lage ist das, was wir mit unserem Gefühle als Schliessungszuckung wahrnehmen, hingegen entspricht das beim Oeffnen der Kette stattfindende Zurückfallen der Molecüle aus der dipolaren in die peripolare Lage der Oeffnungszuckung.

Thierische Wärme nennt man die in dem thierischen Organismus durch den Lebensprocess entwickelte Wärme. Es besitzen wahrscheinlich alle thierischen Organismen eine Wärme, welche innerhalb gewisser Grenzen von der Temperatur der Umgebung unabhängig ist, und es giebt daher ohne Zweifel für alle eine Einrichtung, vermöge deren die Wärme derselben, trotz der verschiedenen Temperatureinflüsse der Umgebung, auf einem constanten Werthe erhalten wird. Die Vögel haben die höchste Temperatur, dann kommen die Säugethiere, hierauf die Amphibien, die Fische und gewisse Insecten (Grille, Johanniswurm); die letzte Classe bilden die Mollusken und Crustaceen. Bei dem Menschen schwankt die Temperatur unter der Zunge zwischen 35,8 und 38,9° C. und ist meistens 37° C., selbst in den sogenannten hitzigen Krankheiten selten höher als 40° und nie über 42°.

Als Ursache dieser Erscheinung nahm man früher eine Reibung des Blutes an den Wandungen der Gefässe an (Boerhave u. A.); von anderer Seite dachte man an Gährungen und Effervescenzen, die durch die Mischung der Säfte des Blutes herbeigeführt werden sollten (v. Helmont u. A.). Crawford leitete den Ursprung der thierischen Wärme

aus dem Einathmen der Luft ab; Lavoisier fand genauer denselben in der Verbindung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft mit dem Kohlenstoffe des Blutes in den Lungen zu Kohlensäure. Nach Liebig ist die Quelle der thierischen Wärme die Verbindung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs im thierischen Körper mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre zu Kohlensäure und Wasser, welche letztere durch das Athmen und die Hautausdünstung (das Wasser zum Theil auch mit dem Urin) ausgeschieden werden, während frischer Sauerstoff aufgenommen wird. Durch die Nahrungsmittel erhält der Körper an Kohlenstoff und Wasserstoff wieder, was er beim Athmen in der Form von Kohlensäure und Wasserdunst abgegeben hat. In kalter (dichterer) Luft wird mehr Sauerstoff eingeathmet und auch mehr Wärme erzeugt; darum muss auch dem Körper in kalter Umgebung mehr Nahrung zugeführt werden, wie dies sich auch bei den Bewohnern der kalten Zone bewährt. Daher führen auch Bewegung und sonstige körperliche Anstrengungen, die einen raschen Stoffwechsel und eine grössere Wärmeentwickelung zur Folge haben, eine grössere Esslust herbei. Hiernach entspricht der Umwandlung der Nahrungsmittel während des Stoffwechsels und der hierbei entwickelten Wärmemenge eine bestimmte mechanische Arbeit, die mit dem mechanischen Aequivalent der Wärmeeinheit in einer bestimmten Beziehung steht (s. Art. Wärmetheorie, mechanische). Daher sind Ruhe und eine warme Umgebung gewissermassen als ein Aequivalent für Speise zu betrachten.

Thierkreis, s. Art. Zodiakus.

Thierkreislicht, s. Art. Zodiakallicht.

Thierregen, s. Art. Froschregen.

Thongefässe, poröse, s. Art. Alcaraza.

Thränen, gläserne oder Glasthränen (s. d. Art. und Flasche, Bologneser).

Thurm, schiefer zu Pisa und Bologna. Dieselben stehen fest, weil bei ihnen die Falllinie noch innerhalb der Unterstützungsfläche liegt. Vergl. Art: Schwere. F. und Stabilität.

Tiefe, absolute.
Tiefe, relative.
Tiefenstufe.
} S. Art. Erde. S. 289. Wegen der Tiefe des Meeres vergl. Art. Meer. 2. S. 104.

Tintenregen ist ein dunkler Schlammregen (s. d. Art.).

Tithonisch hat Draper die chemischen Lichtstrahlen genannt. Vergl. deshalb und wegen des

Tithonometer, Art. Chemische Wirkungen des Lichts. Das nach Draper's Meinung die chemische Wirkung der Lichtstrahlen bedingende Agens nennt er Tithonicität.

Titriren bedeutet Gehaltmessen und zwar das Gewicht eines unbekannten Körpers durch die gemessene Menge einer bekannten Flüssigkeit

bestimmen, die man bis zum Eintreten einer gewissen Erscheinung verwenden muss. Titrirt heisst eine Flüssigkeit, die in einem bestimmten Volumen oder Gewichte einen bekannten Gehalt hat.

Tödten des Quecksilbers, s. Art. Quecksilber.

Toise hiess in Frankreich vor Einführung des Metermasses eine Länge von 6 Fuss (*pied du roi*). — 1 Fuss = 0,3248394 Meter. — Eine besondere Berühmtheit hat die *Toise du Pérou* erhalten, d. h. der Massstab, welchen die von Ludwig XV. nach Amerika geschickte Expedition, welche durch directe Messungen in der Nähe des Aequators den Streit über die Abplattung der Erde schlichten helfen sollte, mitnahm. Dieser Massstab war 1735 von Langlois unter der Leitung von Godin aus Eisen angefertigt, war 17 bis 18 Linien breit, 4 Linien dick und hatte bei 13° R. = $16^1/_4$° C. die genaue Länge von 6 Fuss. Die nach Norden zu gleichem Zwecke geschickte Expedition hatte einen ebenfalls von Langlois unter der Leitung von de la Condamine angefertigten Massstab, die sogenannte *Toise du nord*, welcher mit dem vorigen von gleicher Länge war.

Tolleno hiess bei den Römern der Pumpenschwengel, wohl auch die ganze Pumpe.

Ton.
Tonhöhe.
Tonleiter.
Tonverhältnisse.

Ton heisst ein Klang, wenn man ihn mit einem andern Klange in Bezug auf Höhe oder Tiefe auffasst (s. Art. Schall. E.). Ein Klang an sich ist aber ein durch gleichartige und regelmässige Erzitterungen entstandener Schall. Die Tonerregung beruht daher auf einer vibrirenden Bewegung der Massentheilchen der schallerregenden Körper, und die Wahrnehmung des Tones auf der Fortpflanzung dieser Bewegung durch ein schallleitendes Medium bis zu unserem Gehörorgane (s. Art. Hören).

Zur Erzeugung eines Tones ist ein gewisser Grad der Elasticität des Schallerregers (s. d. Art.) erforderlich. Es eignen sich daher am meisten hierzu feste Körper und expansible Flüssigkeiten. Bei den festen Körpern hat man zu unterscheiden, ob sie durch Spannung (z. B. Saiten, Trommelfell) oder durch innere Steifheit (z. B. Glas, Glockenmetall) elastisch sind, ferner ob sie fadenförmig oder membranförmig sind, ob die fadenförmigen in transversale oder longitudinale Schwingungen versetzt werden. Bei Stäben kann man sogar Töne durch drehende Schwingungen erzeugen. Expansible Flüssigkeiten geben Töne, wenn sie in Röhren eingeschlossen sind und in stehende Schwingungen versetzt werden. Tropfbarflüssige Körper hat man zwar auch zum Tönen gebracht, wie dies z. B. Cagniard de la Tour mit einer ganz in Wasser und andere Flüssigkeiten eingetauchten Pfeife, die er durch einen Kautschuckbeutel anblies, gelang und worüber neuerdings auch Sondhauss werthvolle Untersuchungen angestellt hat; aber zu musikalischen

Instrumenten lassen sie sich nicht wohl verwerthen. Wegen der Schwingungsarten ist Art. **Wellenbewegung** zu vergleichen.

A. 1. Jedem Tone kommt eine bestimmte Schwingungszahl zu. Nach **Savart** entsteht schon bei 7 bis 8 Doppelschwingungen ein deutlich vernehmbarer Ton und andererseits ebenso noch bei 24000. Der in der Musik gebräuchliche tiefste Ton ist jedoch derjenige, welchem 16 Doppelschwingungen in einer Secunde zu Grunde liegen. Um die Schwingungszahlen zu ermitteln, bedient man sich vorzugsweise der Sirene (s. d. Art.). Töne, bei denen die erregenden Schwingungen eine mit dem Exponenten 2 fortschreitende geometrische Reihe bilden, unterscheiden sich nur in der Höhe und sind auf einander folgende **Octaven**. In der Musik verwendet man nur die Töne von 16 bis zu 8192 Doppelschwingungen in einer Secunde, d. h. 9 Octaven.

2. Nimmt man einen Ton als Grundton und seine Schwingungszahl als Einheit an, so erhält man eine dem Ohre eine gewisse Befriedigung gewährende Reihe von Tönen, wenn diesen folgende Schwingungszahlen zukommen:

Grundton 1, $^9/_8$, $^5/_4$, $^4/_3$, $^3/_2$, $^5/_3$, $^{15}/_8$, 2 = Octave.

Man nennt eine nach diesen Verhältnissen fortschreitende Reihe von Tönen die **diatonische Tonleiter**, und bezeichnet man den Grundton mit *C*, so heissen die auf einander folgenden Töne: *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *H*, *c*. — In ganzen Zahlen würden die Schwingungszahlen dieser Tonleiter 24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48 sein. Diese Zahlenverhältnisse an gespannten Saiten zu ermitteln, dient namentlich das Monochord (s. d. Art.), für andere Fälle benutzt man die Sirenen und die Battements (s. d. Art.). — Den tiefsten Ton (16 Doppelschwingungen) bezeichnet man mit $\underline{\underline{C}}$ (*Subcontra C*), die darauf folgenden Octaven mit $\underline{C}$, C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, $\overline{\bar{\bar{\bar{c}}}}$, $\overline{\overline{\bar{\bar{\bar{c}}}}}$, $\overline{\overline{\overline{\bar{\bar{\bar{c}}}}}}$, und dem entsprechend die in den einzelnen Octaven liegenden Töne. In Frankreich heissen die Töne *ut*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, welche Bezeichnung durch **Guido von Arezzo** im 11. Jahrhunderte eingeführt und aus den ersten Silben der halben Verse des folgenden Gesanges an Johannes den Täufer entlehnt wurde:

Ut queant laxis **re**sonare fibris
Mira gestorum **fa**muli tuorum
Solve polluti **la**bii reatum
Sancte **J**oannes.

Im Englischen und Holländischen bedient man sich der Benennung *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *B*, *c*; dasselbe thun auch die Italiener, indessen — wie weiter unten angegeben ist — mit Hinzufügung einer Charakteristik der Tonlage, indem sie mit *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la* nur die Intervalle bezeichnen. — Wäre der Ton $\underline{\underline{C}}$ derjenige, welchem 16 Doppel-

schwingungen zukommen, so würden wir, da $16 = 2^4$ ist, erhalten: $\underline{\underline{C}} = 2^4 = 16$; $\underline{C} = 2^5 = 32$; $C = 2^6 = 64$; $c = 2^7 = 128$; $\bar{c} = 2^8 = 256$; $\bar{\bar{c}} = 2^9 = 512$... Hiernach kämen dem Tone $\bar{a}$ $^5/_3 . 256$ oder $426^2/_3$ Doppelschwingungen zu. L. Euler schrieb diesem Tone, welchen die leere *a*-Saite einer Violine oder die gewöhnliche Stimmgabel geben soll, 392 Doppelschwingungen zu; Chladni nahm die soeben berechnete Zahl an; Dulong 417; Sauveur und Sarti 436; W. Weber 432; Hallström 448; Scheibler 435 bis $439^1/_3$. Diese Verschiedenheit machte sich auffällig bei manchen Orchesterstimmungen geltend, indem z. B. an der grossen Oper zu Paris ein Ton $\bar{a}$ mit 431, ebenda an dem Theater Feydeau mit 428 und an dem italienischen Theater mit 424 Doppelschwingungen, in Berlin sogar mit 437 zu Grunde lag. Neuerdings ist daher von Paris aus eine Normalstimmung, nämlich $\bar{a}$ mit 435 Doppelschwingungen, empfohlen und von den meisten Orchestern angenommen worden, so dass dem *Subcontra C.* 16,1554 Doppelschwingungen entsprechen würden.

3. Das — gewöhnlich aufsteigend genommene — Verhältniss der Schwingungszahlen zweier Töne nennt man ein Intervall. Die Intervalle zu dem Grundtone *C* sind die oben angegebenen: 1, $^9/_8$, $^5/_4$, $^4/_3$, $^3/_2$, $^5/_3$, $^{15}/_8$, 2; diejenigen der auf einander folgenden Töne sind folgende:

C		D		E		F		G		A		H		c
	$^9/_8$		$^{10}/_9$		$^{16}/_{15}$		$^9/_8$		$^{10}/_9$		$^9/_8$		$^{16}/_{15}$	

Die Intervalle der in der diatonischen Tonleiter auf einander folgenden Töne betragen also $^9/_8$, $^{10}/_9$ und $^{16}/_{15}$. Ein Intervall $^9/_8$ nennt man einen grossen ganzen Ton, $^{10}/_9$ einen kleinen ganzen Ton und $^{16}/_{15}$ einen grossen halben Ton. Ein Intervall 1 : 2 (*C* : *c*) heisst Octave (*O*); 1 : $^3/_2$ (*C* : *G*) Quinte (*Q*); 1 : $^4/_3$ (*C* : *F*) Quarte (*q*); 1 : $^5/_4$ (*C* : *E*) grosse Terz (*T*); 1 : $^5/_3$ (*C* : *A*) grosse Sexte (*S*); 1 : $^9/_8$ (*C* : *D*) Secunde; 1 : $^{15}/_8$ (*C* : *H*) Septime.

4. Töne, welche in ihrer Aufeinanderfolge oder beim Zusammenklingen einen angenehmen, befriedigenden Eindruck hervorbringen, nennt man consonirende, im Gegensatze zu den dissonirenden. Consonirende Intervalle nennt man Consonanzen, dissonirende Dissonanzen. Geht man davon aus, dass nur durch einfache Zahlenverhältnisse ausgedrückte Intervalle consonirend sein können, was jedenfalls wahrscheinlich ist, da das einfachere Verhältniss auch leichter sinnlich aufzufassen ist, so sind dies in der diatonischen Tonleiter die Quinte ($^3/_2$), Quarte ($^4/_3$), grosse Terz ($^5/_4$) und grosse Sexte ($^5/_3$); ausserdem würden noch — wenn wir alle einfacheren Verhältnisse durchmustern — die Intervalle $^6/_5$ und $^8/_5$ hinzukommen. Es ist nämlich 1 : 1 der Einklang und 1 : 2 die Octave. — 1 : 3 und 2 : 3 sind nicht verschieden, da



in dem Verhältnisse 1 : 3 durch Erhöhung des tieferen Tones um eine Octave das Verhältniss 2 : 3 hervorgeht. — Von den Verhältnissen 1 : 4, 2 : 4, 3 : 4 ist ebenso nur 3 : 4 neu, wiewohl es eigentlich nur die Umkehrung der Quinte ($^3/_2$) ist. — Von den Verhältnissen mit 5 sind ebenso 1 : 5, 2 : 5 und 4 : 5 nicht verschieden; es bleiben also nur 4 : 5 und 3 : 5 als neu übrig. — Die Verhältnisse 1 : 6, 2 : 6, 4 : 6 sind keine anderen als die Quinte; 3 : 6 ist die Octave; 5 : 6 lässt sich auf 3 : 5 zurückführen, wenn man hier statt des tieferen Tones die höhere Octave setzt und das Verhältniss umkehrt. — Diejenigen Verhältnisse, in deren Ausdrucke die Zahl 7 mit vorkommt, scheinen an der Grenze der Consonanzen und Dissonanzen zu stehen; jedenfalls geben höhere Primzahlen ganz entschiedene Dissonanzen. — Die Verhältnisse 1 : 8, 2 : 8, 4 : 8 kommen auf die Octave, 3 : 8 und 6 : 8 auf die Quarte zurück; 5 : 8 macht sich als Umkehrung von 4 : 5 geltend. — So wie die Verhältnisse mit 4, oder 6 oder 8 auf keine neuen Intervalle führen, gilt dies überhaupt von den Verhältnissen mit ganzen Zahlen. — Die consonirenden Intervalle sind somit in den Verhältnissen $^3/_2$, $^4/_3$, $^5/_4$, $^5/_3$, $^6/_5$ und $^8/_5$ erschöpft, indessen nur als consonirend zu dem Grundtone in dem Vorstehenden erwiesen, während die Consonanz unter einander erst noch untersucht werden muss. Die Erfahrung bestätigt die Intervalle $^6/_5$ und $^8/_5$ als zu dem Grundtone consonirend. Jenem Intervalle entspricht ein Ton zwischen *D* und *E*, den man *Es* nennt; diesem ein Ton zwischen *G* und *A*, der *As* genannt wird. *C* : *Es* nennt man die kleine Terz (*t*), *C* : *As* die kleine Sexte (*s*). — Die zum Grundtone consonirenden Intervalle sind also:

C	*Es*	*E*	*F*	*G*	*As*	*A*	*c*
1	$^6/_5$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^8/_5$	$^5/_3$	2
G.	*t.*	*T.*	*q.*	*Q.*	*s.*	*S.*	*O.*

Gehen wir die Intervalle der hier auf einander folgenden Töne durch, so ergiebt sich $Es : E = 1 : {}^{25}/_{24}$, $G : As = 1 : {}^{16}/_{15}$ und $As : A = 1 : {}^{25}/_{24}$ und nehmen wir noch *D* zwischen *C* und *Es* hinzu, so erhalten wir noch $D : Es = {}^9/_8 : {}^6/_5 = 1 : {}^{16}/_{15}$. Das Verhältniss $1 : {}^{16}/_{15}$ haben wir bereits als das eines grossen halben Tones kennen gelernt; es kommt also noch als neu hinzu $1 : {}^{25}/_{24}$, und dies bezeichnet man als das Verhältniss eines **kleinen halben Tones**.

Ausser diesen 4 als grosse und kleine ganze und halbe Töne bezeichneten Intervallen hat das Intervall zweier Töne, die zu demselben dritten Tone in dem Verhältnisse eines grossen und kleinen ganzen Tones stehen, also das Verhältniss ${}^{10}/_9 : {}^9/_8$ oder $1 : {}^{81}/_{80}$, die Bezeichnung **Komma** erhalten. Man betrachtet das Komma als die Grenze, bis zu welcher das Gehör im Allgemeinen noch einen Unterschied im Tone wahrnimmt.

5. Die Aufnahme der Töne *Es* und *As* in die oben gefundene Tonleiter giebt *C, D, Es, E, F, G, As, A, H, c*. Dadurch sind die



Intervalle *D*: *E* und *G*: *A* in je zwei Intervalle *D*: *Es* = 1 : $^{16}/_{15}$ und *Es*: *E* = 1 : $^{25}/_{24}$, ebenso *G*: *As* = 1 : $^{16}/_{15}$ und *As*: *A* = 1 : $^{25}/_{24}$, also in je einen grossen und einen kleinen halben Ton getheilt worden. Führt man diese Theilung in zwei halbe Töne auch bei den übrigen ganzen Tönen aus, so erhält man eine nach halben Tönen fortschreitende Tonleiter, welche man die chromatische Tonleiter nennt. Verfährt man hierbei so, dass man den tieferen Ton um einen kleinen halben Ton erhöht und den höheren um einen ebensolchen erniedrigt, so fallen die eingeschobenen Töne nicht zusammen. Setzt man für diese beiden Töne einen mittleren, so erhält man die chromatische Tonleiter nach der ungleich schwebenden Temperatur; macht man aber alle Intervalle gleich, nämlich $= \sqrt[12]{2}$, so entsteht die chromatische Tonleiter nach der gleichschwebenden Temperatur (vergl. Art. Temperatur, gleichschwebende und ungleichschwebende, wo auch die Schwingungszahlen und Saitenlängen nach der gleichschwebenden und nach der Kirnbergischen ungleichschwebenden Temperatur angegeben sind). — Die Erhöhung eines Tones um einen halben Ton drücken wir durch Anhängung von *is* und die Erniedrigung im Allgemeinen durch Anhängung von *es* an den bezeichnenden Buchstaben aus. Die sämmtlichen Töne heissen hiernach: *C, Cis, Des, D, Dis, Es, E, F, Fis, Ges, G, Gis, As, A, Ais, B* (*Hes*), *H, c*. Bei Noten wird die Erhöhung um einen halben Ton durch ein zur Linken gesetztes ♯ und die Erniedrigung in gleicher Weise durch ein *b* bezeichnet. — In Frankreich wird eine Erhöhung durch *dièse* und eine Erniedrigung durch *bémol*, z. B. *Cis* durch *ut dièse* und *Des* durch *ré bémol* ausgedrückt. — Die Engländer drücken die Erhöhung durch *sharp*, die Erniedrigung durch *flat* aus; die Holländer jene durch *kruis*, diese durch *mol*. — Die Italiener bezeichnen die Intervalle mit *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*. Werden diese Silben zur Erlernung des Singens gebraucht, so wird *do* statt *ut* gesungen. Das Intervall eines grossen halben Tones wird *mi fa* und der vorhergehende Ton mit *re* gesungen, weshalb unser *G* bald *sol*, bald *re*, bald *ut* sein kann, je nachdem das Intervall *E* zu *F*, oder *A* zu *B*, oder *H* zu *C* mit *mi fa* bezeichnet ist. Sie nennen zwar unsere Töne mit *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *B*, *c*, fügen aber die Silben bei, durch welche die Tonlage charakterisirt wird, so dass also z. B. unser *C* genannt wird *C sol fa ut*. Die Erhöhung um einen halben Ton drücken sie durch *diesis* und die Erniedrigung durch *bemolle* aus, so dass also *Cis* heisst *C sol fa ut diesis* und *Des* ebenso *De la sol re bemolle*.

Wollte man von Quinte zu Quinte fortschreiten, so würde man von *C* auf *G* mit dem Verhältnisse 1 : $^{3}/_{2}$ kommen; von *G* auf *D* mit dem Verhältnisse $^{3}/_{2}$: $^{9}/_{4}$ = 1 : $^{3}/_{2}$; von *D* auf einen Ton mit dem Verhältnisse $^{9}/_{4}$: $^{27}/_{8}$ = 1 : $^{3}/_{2}$, welcher sich von *A* um ein Komma unter-

scheidet, da $D : A = {}^9/_8 : {}^5/_3 = 1 : {}^{40}/_{27}$ und ${}^9/_4 : {}^{27}/_8 = 1 : {}^3/_2$, aber ${}^{40}/_{27} : {}^3/_2 = 1 : {}^{81}/_{80}$ ist. Schon dieser Umstand, dass man von Quinte zu Quinte fortschreitend keine reinen Verhältnisse erhält, spricht für die gleichschwebende Temperatur.

6. Lässt man drei Töne zugleich oder unmittelbar hinter einander erklingen, so erhält man den **Dreiklang**. Sind alle Töne eines Dreiklanges unter sich consonirend, so ist der ganze Dreiklang consonirend und man nennt ihn einen **Accord**. Stellenweis wird Dreiklang und Accord als identisch genommen und dann hat man consonirende und dissonirende Accorde zu unterscheiden. — Unter allen Tönen innerhalb einer Octave, deren Schwingungsverhältniss zum Grundtone durch keine grössere Zahl als 8 ausgedrückt ist, finden sich nur 6 consonirende Dreiklänge, und diese lassen sich auf zwei Tonarten zurückführen, nämlich auf das Verhältniss zum Grundtone $4 : 5 : 6$ und $10 : 12 : 15$ oder $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2$ und $1 : {}^6/_5 : {}^3/_2$. Den ersteren Accord nennt man den **Dur-Accord** oder den harten Dreiklang, den zweiten den **Moll-Accord** oder den weichen Dreiklang. Beide bestehen aus einer grossen und aus einer kleinen Terz; bei jenem geht aber die grosse Terz voran, bei diesem ist es umgekehrt. — Bildet man nämlich alle möglichen innerhalb einer Octave liegenden Dreiklänge mit der angegebenen Einschränkung, so erhält man folgende 15:

1) *C. Es. E.*	6) *C. E. F.*	10) *C. F. G.*	13) *C. G. As.*	15) *C. As. A.*
2) *C. Es. F.*	7) *C. E. G.*	11) *C. F. As.*	14) *C. G. A.*	
3) *C. Es. G.*	8) *C. E. As.*	12) *C. F. A.*		
4) *C. Es. As.*	9) *C. E. A.*			
5) *C. Es. A.*				

Hiervon sind nur No. 3, 4, 7, 9, 11 und 12 consonirende Dreiklänge; denn der 2. und 3. Ton sind stets zum Grundtone nach der Annahme schon consonirend, und es handelt sich also nur noch darum ob das Verhältniss des 2. und 3. Tones zu einander ebenfalls consonirend ausfällt, also sich durch Zahlen ausdrücken lässt, welche 8 nicht überschreiten. Untersucht man dies Verhältniss, so erhält man bei: 1) ${}^{25}/_{24}$; 2) ${}^{10}/_9$; 3) ${}^5/_4$; 4) ${}^4/_3$; 5) ${}^{25}/_{18}$; 6) ${}^{16}/_{15}$; 7) ${}^6/_5$; 8) ${}^{32}/_{25}$; 9) ${}^4/_3$; 10) ${}^9/_8$; 11) ${}^6/_5$; 12) ${}^5/_4$; 13) ${}^{16}/_{15}$; 14) ${}^{10}/_9$ und 15) ${}^{25}/_{24}$. Es bleiben also nur als consonirend übrig 3) *C. Es. G*; 4) *C. Es. As*; 7) *C. E. G*; 9) *C. E. A*; 11) *C. F. As* und 12) *C. F. A*. Hier ist das Verhältniss zu dem Grundtone bei No. 7. $C : E : G = 1 : {}^5/_4 : {}^3/_2 = 4 : 5 : 6$; bei No. 3. $C : Es : G = 1 : {}^6/_5 : {}^3/_2 = 10 : 12 : 15$. Auf diese beiden Verhältnissformen lassen sich die übrigen 4 consonirenden Dreiklänge zurückführen. No. 4 giebt $C : Es : As = 1 : {}^6/_5 : {}^8/_5 = 5 : 6 : 8$ und setzen wir noch die nächst niedere Octave von *As* hinzu, so erhalten wir $4 : 5 : 6 : 8$, also dasselbe wie bei No. 7, wenn wir noch die nächst höhere Octave von *C* hinzufügen. Ebenso ist es mit No. 12; denn $C : F : A = 1 : {}^4/_3 : {}^5/_3 = 3 : 4 : 5$ und fügen wir nun von

dem 1. und 2. Tone die nächst höhere Octave hinzu, während wir den ersten Ton fortlassen, so erhalten wir wieder 4 : 5 : 6 : 8. — Ebenso lassen sich No. 9 und 11 auf No. 3, welches mit Hinzufügung der nächst höheren Octave des ersten Tones 10 : 12 : 15 : 20 giebt, zurückführen; denn No. 9 giebt $C:E:A = 1 : {}^5/_4 : {}^5/_3 = 12 : 15 : 20$, so dass nur noch die nächst niedere Octave von *A* hinzuzufügen ist, und No. 11 $C:F:As = 1 : {}^4/_3 : {}^8/_5 = 15 : 20 : 24$, woraus 10 : 12 : 15 : 20 entsteht, wenn man die nächst niederen Octaven von *F* und *As* hinzufügt und *As* selbst fortlässt. — Es giebt also eigentlich nur die beiden dreistimmigen Accorde $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2$ und $1 : {}^6/_5 : {}^3/_2$. Ausser diesen sind keine wesentlich verschiedene consonirende Dreiklänge möglich, und da man, ohne aus der Octave herauszugehen, kein viertes Intervall hinzufügen kann, welches nicht gegen eines der vorhandenen dissonirte, so ist leicht einzusehen, dass kein vier- oder mehrstimmiger consonirender Accord ohne Wiederholung in der Octave möglich ist. Die beiden Arten von Accorden bringen erfahrungsmässig verschiedene Wirkungen hervor, namentlich befriedigt der Accord 4 : 5 : 6 mehr als der Accord 10 : 12 : 15 und daher rechtfertigt sich die verschiedene Bezeichnung als Dur- und Moll-Accord oder als harter und weicher Dreiklang. — Den Dreiklang *C, E, G* oder *G, T, Q* nennt man den eigentlichen Dur-Accord, ebenso den Dreiklang *C, Es, G* oder *G, t, Q* den eigentlichen Moll-Accord. Die beiden Dreiklänge *E, G, c* oder *G, t, s* und *Es, G, c* oder *G, T, S* nennt man Septen-Accorde; endlich die Dreiklänge *G, c, e* oder *G, q, S* und *G, c, es* oder *G, q, s* Quart-Septen-Accorde.

7. Die gewöhnliche diatonische Tonleiter, in welcher auf zwei ganze Töne ein halber und auf diesen wieder drei ganze und dann noch ein halber folgen, giebt die Dur-Tonleiter. In dieser haben sowohl der Grundton (Tonica), als die von diesem aufsteigende Quinte (Oberdominante) und ebenso die von demselben absteigende Quinte (Unterdominante) Durdreiklänge. Soll man nun in der mit *C* beginnenden diatonischen Tonleiter von jedem Tone als Grundton ausgehen können, so sind Veränderungen der Töne nothwendig, selbst wenn man zwischen dem grossen und kleinen ganzen Tone keinen Unterschied macht. Nimmt man die Töne der Reihe nach als Grundton, auf welche man von *C* aus in Quinten auf- und absteigend kommt, so sind aufsteigend nach einander alle die ganzen Töne, welche den Quinten vorangehen, um einen halben Ton zu erhöhen, absteigend aber die zweitfolgenden Quinten (Unterdominanten) als um einen halben Ton erniedrigte Töne einzuführen. Der Grundton *G* verlangt die Erhöhung des Tones *f* um einen halben Ton, also *fis*, der Grundton *D* ausser *fis* noch *cis*; ebenso *A* ausser *fis* und *cis* noch *gis*; *E* ausserdem noch *dis*; *H* noch *ais*; *Fis* noch *eis* d. h. *f*. Man nimmt indessen nicht leicht einen Grundton, welcher mehr als 5 Kreuze erfordert.

Von *C* in Quinten aufsteigend, gelangt man — wie das Vorstehende zeigt — nicht zu *F*, sondern nur zu *G*, *D*, *A*, *E*, *H* und dann zu *Fis*. Die Dur-Tonleiter für *F* als Grundton macht eine Erniedrigung des Tones *H* um einen halben Ton nöthig und es ist also *b* statt *h* zu setzen. *F* ist die absteigende Quinte von *C*; nehmen wir nun die absteigende Quinte von *F* d. h. *b* als Grundton, so sind wir gezwungen, ausser *h* auch noch *e* um einen halben Ton zu erniedrigen, so dass zu *b* noch *es* kommt. Auf gleiche Weise absteigend erfordert der Grundton *es* noch *as*; der Grundton *as* noch *des*; der Grundton *des* noch *ges*. — Stellen wir diese Grundtöne von *C* in Quinten auf- und absteigend zusammen, so erhalten wir den sogenannten Quintenzirkel: *Ges*, *Des*, *As*, *Es*, *B*, *F*, *C*, *G*, *D*, *A*, *E*, *H*, *Fis*. — Wir machen hierbei noch darauf aufmerksam, dass das Bedürfniss jeden Ton als Grundton annehmen zu können, recht entschieden die Nothwendigkeit der chromatischen Tonleiter und ebenso die Aufnahme der Secunde in die Tonleiter, da sonst die Quinte des Grundtones keine Quinte haben würde, herausstellt. Gleichzeitig muss aber auch bemerkt werden, dass nach der ungleichschwebenden Temperatur weder zwei kleine, noch zwei grosse halbe Töne zusammen einen grossen oder einen kleinen ganzen Ton ausmachen, dass namentlich bei der Erhöhung eines Tones um einen kleinen halben Ton und bei der Erniedrigung des nächst höheren — stehe dieser in dem Intervalle eines grossen oder kleinen ganzen Tones — um ebenfalls einen kleinen halben Ton zwei verschiedene Töne entstehen, von denen der um einen kleinen halben Ton erniedrigte etwas höher ist als der andere, z. B. $C : Cis = 1 : {}^{25}/_{24}$, aber $C : Des = 1 : {}^{27}/_{25}$. Auf manchen musikalischen Instrumenten, z. B. auf der Geige kann man diese feineren Unterschiede ausprägen; auf anderen, z. B. auf dem Clavier, ist dies jedoch nicht möglich, so dass man gezwungen wird, einen Mittelton, welcher die Stelle beider Töne, z. B. *Cis* und *Des*, vertritt, einzuschalten. Somit war durch dies Einschalten von Mitteltönen zwischen die übrigen, genau nach ihren Schwingungsverhältnissen bestimmten Töne die ungleichschwebende Temperatur bedingt, zugleich aber auch der Anstoss zu der gleichschwebenden gegeben, da doch von den strengen Verhältnissen abgewichen werden musste und es nun nahe lag, lieber alle Intervalle gleich gross zu machen, wie bereits oben ausgeführt worden ist. Vergl. auch Art. Fortschreitung.

8. Setzt man in der Dur-Tonleiter für die grosse Terz die kleine, so muss man noch Veränderungen anbringen, wenn die ganze Tonleiter den Mollcharakter annehmen, also eine Moll-Tonleiter werden soll. Man sollte daher die Tonleiter so einrichten, dass nicht blos die Tonica, sondern auch die Ober- und Unterdominante Molldreiklänge haben. Da man indessen den Dominant-Accord nicht gut entbehren kann, so giebt man der Oberdominante einen Durdreiklang. Man verfährt wohl gar so, dass man bei aufsteigenden Tönen selbst für die Unterdominante den Dur-

dreiklang einführt, geht aber absteigend nur in Molldreiklängen, also in der entsprechenden Durtonleiter, d. h. in derjenigen Durtonleiter fort, deren Grundton um eine kleine Terz höher als derjenige der Molltonleiter liegt. Die Molltonleiter z. B. für den Grundton *A* sollte eigentlich heissen: *A*, *H*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *a*; mit dem Dreiklange der Oberdominante aber lautet sie: *A*, *H*, *c*, *d*, *e*, *f*, *gis*, *a*; und mit dem Durdreiklange der Oberdominante und Unterdominante erhält man aufsteigend: *A*, *H*, *c*, *d*, *e*, *fis*, *gis*, *a* und absteigend: *a*, *g*, *f*, *e*, *d*, *c*, *H*, *A* wie bei der Durtonleiter für den Grundton *C*.

9. Töne, deren Schwingungsverhältniss in ihrer Aufeinanderfolge durch die natürliche Zahlenreihe 1, 2, 3 ... ausgedrückt ist, nennt man harmonische Töne. Berechnet man diese Töne in Bezug auf den Grundton *C*, drückt dabei die höheren Octaven durch Exponenten aus und bezeichnet die zu hohen Töne durch ein vorgesetztes + Zeichen, die zu niedrigen durch ein vorgesetztes — Zeichen, so erhält man folgende Reihe:

C,	C^2,	G^2,	C^3,	E^3;	G^3,	$+\sharp A^3$,	C^4,	D^4,	E^4,	$-\sharp F^4$,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
G^4,	$+bA^4$,	$+\sharp A^4$,	H^4,	C^5,	$-bD^5$,	D^5,	$-bE^5$,	E^5,	$+F^5$,	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
$-\sharp F^5$,	$-bG^5$,	G^5,	$\sharp G^5$,	$+bA^5$,	$-A^5$,	$+\sharp A^5$,	$+bH^5$,			
22	23	24	25	26	27	28	29			
H^5,	$-C^6$,	C^6								
30	31	32								

Vergl. Art. Mitklingen, Horn, Trompete.

B. Fassen wir die Erzeugung der Töne speciell ins Auge, so kommen — wie am Eingange dieses Artikels bereits hervorgehoben ist — vorzugsweise die starren Körper und die expansiblen Flüssigkeiten in Betracht und zwar bei jenen namentlich gespannte Saiten, Stäbe, Platten und gespannte Membranen. Dass wenigstens 16 Doppelschwingungen in einer Secunde erfolgen müssen, wenn ein Ton entstehen soll, ergiebt sich aus A. 1. dieses Artikels.

1. Töne durch transversale Schwingungen gespannter Saiten. Es können gespannte Saiten ihrer ganzen Länge nach, oder in aliquoten Theilen, oder gleichzeitig in ihrer ganzen Länge und in aliquoten Theilen schwingen und dabei Töne erzeugen.

Für transversal schwingende Saiten gelten folgende Gesetze:

a) Bei Saiten aus demselben Stoffe verhalten sich die Schwingungszahlen bei gleicher Dicke und Länge der Saiten wie die Quadratwurzeln aus den sie spannenden Kräften; bei gleicher Länge der Saiten und gleicher Stärke der spannenden Kräfte umgekehrt wie die Durchmesser der Saiten; bei gleicher Dicke der Saiten und gleicher Stärke der spannenden Kräfte umgekehrt wie die Saitenlängen; allgemein

direct wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Kräften und umgekehrt wie die Durchmesser und die Längen der Saiten.

Eine aus ihrer Gleichgewichtslage gebrachte gespannte Saite geräth nämlich durch die Elasticität (s. d. Art.) ebenso in Schwingungen, wie ein Pendel (s. d. Art.) durch die Schwerkraft. Statt der Elasticität kann man, da die Elasticitätsgrenze nicht überschritten werden darf, die spannende Kraft setzen, welche durch ein bekanntes Gewicht zu messen ist. Bezeichnen wir nun mit L die Länge, mit D den Durchmesser, mit P die spannende Kraft und mit N die Schwingungszahl, so erhalten wir, wenn $L = l$ und $D = d$ ist, (nach Art. Pendel. S. 200. No. 9) $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$. — Sind die Durchmesser verschieden und $D = md$, so kann man die Saite mit dem Durchmesser D als aus m^2 Saiten von dem Durchmesser d ansehen, und sind nun die spannenden Kräfte gleich, so ist es so, als ob die m^2 Saiten der Saite D nur je von einer Kraft $\frac{p}{m^2}$ gespannt würden, oder — da $m = \frac{D}{d}$ ist — von einer Kraft $\frac{d^2}{D^2} p$. Die Schwingungszahlen der Saite d und einer der m Saiten von der Saite D verhalten sich also, da beide gleiche Längen und gleiche Durchmesser haben, wie $N : n = \sqrt{\frac{d^2}{D^2} p} : \sqrt{p} = d : D$, also gilt auch für die ganze Saite D, dass $N : n = d : D$ ist. — Haben die Saiten gleiche Durchmesser und gleiche spannende Kräfte, aber verschiedene Länge, so könnte man (nach Art. Pendel. S. 196. No. 4) erwarten, dass $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$ sein müsste; aber dies würde nur für mathematische und nicht für physische Saiten gelten. Es muss in diesem Falle auf die Massen, die wir mit M und m bezeichnen wollen, gerücksichtigt werden. Deshalb denken wir uns noch 2 Saiten, von denen die eine die Schwingungszahl x, die Länge L, die Spannung P und die Masse 1, die andere die Schwingungszahl y, die Länge l, die Spannung p und die Masse 1 habe. Da sich die Massen bei gleicher Länge wie die Quadrate der Durchmesser verhalten, so gilt für die Saite N, L, P, D, M und die erste Hilfssaite, weil Länge und Spannung gleich sind, $N : x = 1 : \sqrt{M}$; ferner folgt nach dem Pendelgesetze für die beiden Hilfssaiten $x : y = \sqrt{l} : \sqrt{L}$; endlich stellt sich für die zweite Hilfssaite und für die Saite n, l, p, d, m, da hier wieder l und p gleiche Werthe haben, $y : n = \sqrt{m} : l$ heraus. Setzt man diese 3 Proportionen zusammen, so erhält man $N : n = \sqrt{lm} : \sqrt{LM}$. Da jedoch bei gleicher Dicke sich die cylindrischen Massen wie ihre Längen verhalten, so kann man statt $\sqrt{m} : \sqrt{M}$ auch $\sqrt{l} : \sqrt{L}$ setzen, und man erhält somit $N : n = \sqrt{l^2} : \sqrt{L^2}$ oder $= l : L$. —

Aus den drei Proportionen $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$ für $L = l$ und $D = d$; $N : n = d : D$ für $L = l$ und $P = p$; $N : n = l : L$ für $D = d$ und $P = p$, folgt allgemein: $N : n = \frac{\sqrt{P}}{DL} : \frac{\sqrt{p}}{dl}$.

b) Bei Saiten aus verschiedenen Stoffen verhalten sich die Schwingungszahlen unter sonst gleichen Umständen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus der relativen Dichte. Die Anzahl n der in einer Secunde vollzogenen Schwingungen ist, wenn s das specifische Gewicht bedeutet, überhaupt $n = \frac{1}{dl}\sqrt{\frac{Gp}{\pi s}}$. Ist nämlich t die Zeit für eine Doppelschwingung und G das Gewicht, so ist $t = 2\sqrt{\frac{Gl}{gp}}$; G ist aber $= \frac{1}{4}\pi d^2 ls$, also $t = dl\sqrt{\frac{\pi s}{gp}}$. Die Schwingungszahlen verhalten sich aber umgekehrt wie die Schwingungszeiten. — Ist der Stoff einer Saite z. B. neunmal dichter als der einer anderen, z. B. Kupfersaite und Darmsaite, so macht jene bei gleicher Dicke, Länge und Spannung dreimal weniger Schwingungen in derselben Zeit, als diese.

c) Wird ein aliquoter Theil einer gespannten Saite in transversale Schwingungen versetzt, so theilt sich dieselbe in ebenso grosse gleiche Theile, von denen jeder für sich ebenfalls transversal schwingt, je zwei aneinander liegende aber durch eine in Ruhe bleibende Stelle (Schwingungsknoten) getrennt sind und zu derselben Zeit nach entgegengesetzten Richtungen schwingen. — Den thatsächlichen Nachweis erhält man durch das Monochord (s. d. Art.), wenn man z. B. durch einen untergesetzten Steg $^1/_5$ einer Saite abzweigt und diesen in transversale Schwingungen versetzt. Legt man auf die übrigen $^4/_5$ schmale in der Mitte eingeknickte Papierstreifchen, sogenannte Reiterchen, so fallen diese ab mit Ausnahme derjenigen, welche genau auf den Theilpunkten $^2/_5$, $^3/_5$, $^4/_5$ stehen. Ueberhaupt lassen sich die vorstehenden Gesetze mittelst des Monochords prüfen, wenn man dabei die unter A. über die Schwingungszahlen der Töne aufgestellten Gesetze berücksichtigt.

d) Eine gespannte Saite kann gleichzeitig in ihrer ganzen Länge und in aliquoten Theilen schwingen. — Den Beleg dafür geben namentlich die harmonischen Töne (A. 9 und Art. Mitklingen).

Die Verwendung transversal schwingender Saiten in der Musik zeigen das Pianoforte, die Harfe, die Geige etc.

2. Töne durch transversal schwingende Stäbe. a) Werden feste Stäbe in Transversalschwingungen versetzt und bedeutet n die Anzahl der Schwingungen in einer Secunde, l die Länge, d den

Durchmesser bei cylindrischen und h die Dicke und b die Breite bei prismatischen Stäben, s das specifische Gewicht, g die Acceleration durch die Schwerkraft, e das Mass der Elasticität und c eine von der Schwingungsart abhängige Constante, indem der Stab an einem Ende befestigt und an dem anderen frei, oder an einem Ende an einen festen Gegenstand angestemmt und an dem anderen frei, oder an beiden Enden frei, oder an beiden Enden angestemmt, oder an beiden Enden befestigt, oder an dem einen Ende befestigt und an dem anderen angestemmt sein kann, so ist nach Chladni

$$\text{für cylindrische Stäbe } n = \frac{c^2 d}{l^2} \sqrt{\frac{ge}{s}}$$

$$\text{und für prismatische Stäbe } n = \frac{c_1{}^2 h}{l^2} \sqrt{\frac{ge}{s}}.$$

Bei cylindrischen Stäben aus einerlei Materie erhält man also für die in einer Secunde vollzogenen Schwingungen $N : n = \frac{D}{L^2} : \frac{d}{l^2}$, und bei prismatischen $N : n = \frac{H}{L^2} : \frac{h}{l^2}$. — Bei prismatischen Stäben, so lange sie noch als Stäbe und nicht als Platten gelten, kommt es auf die Breite nicht an. Ist $D = d$ oder $H = h$, so ist $N : n = l^2 : L^2$.

Ein Glasstab, an einem Faden aufgehängt und mit einem Hammer geschlagen, giebt einen schönen Ton, desgleichen Phonolith, verschiedene Arten von Feuerstein, ebenso Aluminium, compacte homogene Holzkohle, selbst Blei in Gestalt einer planconvexen Linse, wenn sie mit der convexen Fläche (4 bis 5 Linién dick und 3 Zoll im Durchmesser haltend) aufliegt.

b) Auch Stäbe können mit Schwingungsknoten schwingen. Dies ist namentlich bei gekrümmten Stäben der Fall. — Man braucht nur, um sich hiervon zu überzeugen, den Stab da, wo ein Schwingungsknoten entstehen soll, leise zu berühren und denselben dann mit einem Violinbogen zu streichen. Die berührte Stelle kann nicht mitschwingen: der entstandene Ton ist aber ein Beweis für entstandene Schwingungen. — Stäbe geben einen um so höheren Ton, je mehr Schwingungsknoten sich bilden. Gekrümmte Stäbe erleiden eine Tonerniedrigung, wenn man die Biegungsstelle dünner macht. — Die Verwendung der Stäbe in der Musik zeigen die Stahlharmonika, die Strohfiddeln, die Spieluhren und die Spieldosen etc.; ebenso ist hier die Stimmgabel zu erwähnen.

3. Töne durch longitudinal schwingende Saiten und Stäbe sind höher als bei transversaler Schwingung. Die Töne stehen im umgekehrten Verhältnisse mit der Länge der Saiten und Stäbe, ohne dass die Dicke und bei Saiten die Spannung von wesentlichem Einflusse

wäre. — Es finden diese Töne wenig Verwendung in der Musik. Chladni's Euphon (s. d. Art.) gründete sich darauf.

4. Durch drehende Schwingungen hat man cylindrische Stäbe mit recht glatter Oberfläche zum Tönen gebracht. Die Töne sind tiefer, als unter denselben Verhältnissen bei longitudinalen Schwingungen. — Der Versuch gelingt mit Glasstäben, die man mit einem feuchten, und mit Holz- oder Metallstäben, die man mit einem harzigen Lappen links oder rechts reibt, wenn die Stäbe möglichst lang sind. — Der Unterschied in der Tonhöhe ist eine Quinte oder wohl richtiger eine Sexte.

5. Ueber die Schwingungen starrer elastischer Platten enthält Art. Klangfiguren das Erforderliche. Hier erwähnen wir nur noch in Bezug auf die hierbei auftretenden Töne, dass dieselbe Platte sehr verschiedene Töne geben kann, sowie auch die Schwingungen sehr verschieden ausfallen. Je höher der Ton ist, desto zusammengesetzter ist auch die Schwingungsart; demselben Tone können jedoch verschiedene Schwingungsarten zugehören. Ausserdem verweisen wir noch bei dieser Gelegenheit auf Art. Interferenz. B. a. S. 504. — Als Anwendung der Tonerregung in starren Platten erwähnen wir die Becken (s. d. Art.) und das chinesische Gong-Gong (s. d. Art.) oder Tam-Tam. — Vergl. auch den Schluss von B. 2. a dieses Artikels.

6. Gespannte Membranen (Häute) geben nur unvollkommene Töne. Zu bemerken ist nur, dass die Höhe des Tones mit der Spannung steigt. — Es beruhen hierauf die Trommel, die Panke, das Tamburin.

7. Wegen der Töne, welche durch in Schwingungen versetzte Glocken erregt werden, vergl. Art. Glocke. Auch in Bezug auf das schneidende Tönen gläserner glockenartiger Gefässe, die am Rande mit dem nassen Finger gestrichen werden, enthält der angezogene Artikel das Wesentliche. Als eine Anwendung der Glasglocken ist die Glasharmonika (s. d. Art.) anzuführen.

8. Besonders wichtig für die Musik sind die durch Schwingungen expansibler Flüssigkeiten, namentlich der atmosphärischen Luft, erzeugten Töne.

a) Wird die Luft in einer Röhre, welche an dem einen Ende verschlossen ist, an dem offenen Ende in Schwingungen versetzt (s. Art. Wellenbewegung) und beträgt die Entfernung des Bodens von der Oeffnung $\frac{2n+1}{4}$ einer Wellenlänge, so dass sich stehende Wellen bilden, so entsteht ein Ton. Der tiefste Ton einer solchen Röhre entspricht einer Wellenlänge, welche viermal grösser als ihre Länge ist.

b) In einer an beiden Enden offenen Röhre entstehen Töne, wenn

die in ihr enthaltene Luft in solche Schwingungen versetzt wird, dass die Röhrenlänge $\frac{2n+1}{2}$ Wellenlängen beträgt.

c) Eine gedeckte (oder gedackte) Röhre giebt also bei derselben Wellenlänge denselben Ton wie eine doppelt so lange offene, und die Töne, welche eine Röhre überhaupt geben kann, bilden die Reihe der harmonischen.

Bei der geschlossenen Röhre bilden sich die stehenden Wellen durch Interferenz (s. d. Art.) der am geschlossenen Ende reflectirten Wellen mit den nach demselben hingehenden. — Bei den offenen Röhren entsteht an dem Austrittsende dadurch eine Verdünnung, dass die austretende verdichtete Wellenschicht sich nach allen Seiten ausbreitet, wodurch eine rückwärts gehende Welle erzeugt wird, welche mit der directen stehende Wellen bildet. — Giebt eine gedeckte Röhre ihren tiefsten Ton, so liegt an der Oeffnung ein Bauch, während am verschlossenen Ende Verdichtungen und Verdünnungen abwechseln. Bei einer beiderseits offenen Röhre liegt bei dem tiefsten Tone in der Mitte ein Schwingungsknoten und an jedem Ende ein Bauch. — Höhere Töne, als der Grundton ist, erhält man durch stärkere Anregung zum Schwingen und zwar entsteht dann die vollständige oder unvollständige Reihe der harmonischen Töne (s. A. 9.).

d) Die Luft in einer Röhre kann man zum Tönen bringen, wenn man 1) an die Mündung der Röhre einen in Schwingungen versetzten Körper hält, welcher einen Ton giebt, dessen Wellenlänge den vorher aufgestellten Bedingungen entspricht. Es eignet sich z. B. hierzu eine tönende Stimmgabel. 2) Wenn man angemessen hineinbläst, wie dies z. B. bei den Blasinstrumenten mit trichterförmigem oder kesselförmigem Mundstücke, z. B. bei dem Horne, der Trompete, der Posaune etc. geschieht. 3) Wenn man einen Luftstrom an der Mündung vorbeistreichen lässt, wie es z. B. bei dem Pfeifen auf einem hohlen Schlüssel geschieht. Es gehört hierher die Flöte, die Labialpfeife etc. 4) Wenn man einen Luftstrom durch eine Spalte einbläst und gleichzeitig einen schwingenden Körper einwirken lässt. Es ist dies der Fall bei dem Fagott, der Hoboe, der Klarinette, der Zungenpfeife. Wegen der hier aufgeführten besonderen Blasinstrumente sind die besonderen Artikel zu vergleichen.

Die grossartigste Anwendung finden die durch Schwingungen expansibler Flüssigkeiten erzeugten Töne in der Orgel. Als hierher gehörige und besonders namhaft zu machende Instrumente erwähnen wir noch folgende ebenfalls in den betreffenden Artikeln nachzusehende: Physharmonika (Harmonium), Handharmonika, Mundharmonika, Maultrommel. Wegen der chemischen Harmonika vergl. Art. Harmonika.



chemische, wegen des Brummkreisels oder Mönchs oder der Sausturl Art. Brummkiesel.

9. Als besondere Tonerregungsart ist die Erhitzung von Röhren zu erwähnen. Ich selbst hatte die Beobachtung bereits 1831 gemacht, ohne sie damals weiter zu verfolgen (s. Dove's Repertor. der Physik. Bd. III. S. 100); Pinaud veröffentlichte zuerst eine darauf bezügliche Untersuchung und später haben C. Marx und Sondhauss sich ebenfalls damit beschäftigt. — Die Erscheinung besteht darin, dass eine Röhre von höchstens zwei bis drei Millimeter Weite, wenn an dieselbe eine Kugel angeblasen ist, manchmal einen Ton hören lässt, so lange die Kugel und der Theil der Röhre, welcher dieser am nächsten ist, noch stark erhitzt sind. Ich beobachtete den Ton zuerst, als ich Weingeist aus einer etwas weiten Thermometerröhre durch Erhitzung ausgetrieben hatte. Pinaud hielt es für wesentlich, dass die innere Wand der tönenden Röhre mit Feuchtigkeit bekleidet sei, und nach ihm sollte Wasserdampf die Hauptveranlassung geben. Seine Erklärung besteht darin, dass die in der Kugel befindliche Feuchtigkeit durch die Wärme ausgedehnt werde und sich darauf an den Wänden der kalten Röhre verdichte; dadurch entstehe ein leerer Raum, welcher durch die feuchte Luft sogleich wieder ausgefüllt werde; diese Luft bringe aufs Neue Feuchtigkeit in die Kugel, welche wiederum ausgedehnt und in der Röhre niedergeschlagen werde, so dass durch die fortwährende Unterbrechung des Gleichgewichts die Lufttheilchen in der Röhre parallel der Axe hin- und herbewegt und dadurch in tönende Schwingungen versetzt und erhalten würden. — Sondhauss hat indessen die Gegenwart von Dämpfen zur Erzeugung des Tones als unwesentlich nachgewiesen und auch Marx stimmt damit überein. Nach der Ansicht des Letzteren wird der Ton dadurch erregt, dass Luft aus der erhitzten Kugel hinausgetrieben wird, deren Stoss die kältere Luft, auf welche sie trifft, in Schwingungen versetzt. Sondhauss hingegen sagt: Durch die allmälige Erhitzung der Kugel wird die in derselben befindliche Luft ausgedehnt und tritt bei der Zunahme der Wärme fortwährend in die Röhre, bis endlich ihre Verdünnung einen solchen Grad erreicht hat, dass ihr der Druck der äusseren Luft das Gleichgewicht hält. Es wird dies eintreten, wenn die durch die Wirkung der Flamme herbeigeführte Wärmezunahme dem Wärmeverluste durch die Abkühlung im Ganzen gleich ist. Da die Luft ein schlechter Wärmeleiter ist, und wegen des kleinen Querschnitts der Röhre eine Circulation zwischen der warmen und kalten Luft in der Kugel und der Röhre nicht entsteht, so wird sich in der Röhre in der Nähe der Stelle, wo sie in die Kugel mündet, eine Grenze zwischen der warmen und kalten Luft vorfinden, welche aber in beständiger Bewegung auf- und abschwankt, weil das Gleichgewicht zwischen der heissen Luft in der Kugel und der äusseren kalten durch die Abkühlung beständig gestört, durch die fortdauernde Wirkung der Flamme aber wie-

der hergestellt wird. Die bei dieser Bewegung aus der Kugel tretende heisse Luft kühlt sich in der kälteren Röhre etwas ab und zieht sich deshalb wieder zusammen; die Luftsäule in der Röhre dringt in Folge des atmosphärischen Drucks nach und es wird hierdurch die Luft in der Kugel mit dem erlangten dynamischen Momente sogar etwas comprimirt. Im nächsten Augenblicke dehnt sich aber die Luft in der Kugel sowohl in Folge dieser Compression, als auch wegen der rasch erfolgenden Erhitzung und Expansion der eingedrungenen kälteren Luft wieder aus, die Luftsäule in der Röhre wird mit der entsprechenden Geschwindigkeit nach aussen bewegt und setzt diese Bewegung auch noch einen Augenblick fort, wenn die Luft in der Kugel nicht mehr durch die Hitze ausgedehnt wird, wodurch in der Kugel einen Moment hindurch eine grössere Verdünnung entsteht, als der Temperatur der heissen Luft entspricht. Hierauf erfolgt wieder die entgegengesetzte Bewegung. Ist die Grösse und die Erhitzung der Kugel ausreichend, dieser oscillirenden Bewegung die den Dimensionen der ganzen eingeschlossenen Luftsäule entsprechende Geschwindigkeit zu geben, so entsteht der Ton. — Wenn die Luftsäule einmal in Vibration versetzt ist, so kann die Hitze der Kugel auch etwas abnehmen, ohne dass der Ton aufhört. Deshalb tönen die Apparate noch einige Zeit, nachdem man die Kugel von der Flamme entfernt hat.

Hiernach sind die Schwingungen in den erhitzten Röhren analog den Schallschwingungen in gedeckten Pfeifen: nur wird in diesen die Luft von aussen durch einen Luftstrom comprimirt, bei den Röhren hingegen umgekehrt im Innern durch Erwärmung verdünnt. Dämpfe in der Kugel begünstigen die Entstehung des Tones wahrscheinlich deshalb, weil ihre Elasticität in hoher Temperatur sehr rasch zunimmt. — Da man die Röhre und die Kugel während des Tönens berühren und festhalten kann, ohne dass der Ton eine Aenderung erleidet, so entsteht der Ton jedenfalls nicht in Folge von Schwingungen des Glases.

Nach Pinaud ist der Ton — bei Gleichheit aller übrigen Umstände — desto tiefer, je länger die Röhre ist; ferner bei gleichen Dimensionen der Röhre je grösser die Kugel ist; endlich je kleiner der Durchmesser der Röhre ist. Hat die Röhre eine halsähnliche Verengung, so wird nach Marx der Ton tiefer, wenn der Hals länger und enger wird. Nach Sondhauss ist die Gestalt der an die Röhre angeblasenen Erweiterung gleichgültig. Derselbe giebt für die Schwingungszahl den Werth $n = C\sqrt{\frac{S}{VL}}$, wo n die Schwingungszahl, C eine Constante — im Mittel 104400 —, V das Volumen der Kugel, S den Querschnitt und L die Länge der Röhre bedeutet.

10. Wegen anderer Tonerregungen unter Einfluss der Wärme vergl. Art. Trevelyan-Instrument. — Strehlke hat auch so-



wohl durch Erhitzen als durch Abkühlen Töne in Körpern erregt, welche durch ihre Elasticität leicht in stehende Schwingungen gerathen. Es eignet sich hierzu namentlich Zink; aber auch an Messingblech, an Gusseisen, an Scheiben von Antimon und von Zinn hat man diese Töne wahrgenommen. Es gehört hierher das bekannte Ertönen eiserner Ofenthüren sowohl beim Erhitzen, als beim Abkühlen.

11. Auch durch den electrischen Strom lassen sich unter gewissen Umständen Töne erregen. Page bemerkte (1837) die Erscheinung zuerst; Delezeune bestätigte dieselbe; aber Wertheim ging eigentlich zuerst an eine genauere Untersuchung (s. Poggend. Annal. Ergänzungsbd. II. S. 99). Marrian erhielt einen Ton aus einem Eisenstabe oder einem ausgespannten Eisendrahte, der sich in der Axe eines von einem electrischen Strome durchflossenen Schraubendrahtes befand, wenn der Strom abwechselnd geschlossen und unterbrochen wurde. De la Rive und Beatson fanden (1845) unabhängig von einander, dass der direct durch einen Eisendraht gehende Strom ebenfalls einen Ton in demselben erzeugt, und Guillemin beobachtete (1846), dass ein weicher Eisenstab, der von einem Schraubendrahte umgeben, an einem seiner Enden in horizontaler Lage befestigt und am anderen mit einem unbedeutenden Gewicht beschwert ist, sich sichtbar gerade richtet, sobald man durch den Draht einen Strom schliesst. Alle Leiter lassen, wenn sie dem Einflusse eines starken Electromagnets ausgesetzt sind, im Momente des Durchganges eines ununterbrochenen electrischen Stromes einen Ton hören, welcher dem Tone der Radsirene Savart's ähnlich klingt. — Ausser Eisen ertönen auch Stahlstäbe; aber Drähte von Blei, Zinn, Zink, Kupfer, Messing, Silber und Platin geben nach Wertheim keinen Ton. — Am zweckmässigsten stellt man den Versuch so an, dass man den Draht in der Mitte festklemmt und über jedes der freien Enden eine Drahtspirale steckt, so dass der Draht ohne an die Spirale anzustossen in der Axe derselben sich befindet. Den Strom lässt man durch beide — unter sich leitend verbundene — Spiralen gehen. — Will man einen Draht durch einen direct durchgeleiteten Strom zum Tönen bringen, so spannt man ihn in der Mitte fest und bringt an jedem Ende einen dünnen Messinghaken an. Diese Haken tauchen in Quecksilbernäpfchen, in welche die Schliessungsdrähte geführt werden.

Der Ton wird nach Wertheim dadurch hervorgebracht, dass der Stab im Momente der Magnetisirung eine — allerdings sehr kleine — Verlängerung erfährt.

Poggendorff hat (s. dessen Annal. Bd. 98. S. 192) durch den Inductionsstrom Töne hervorgebracht in Röhren, welche aus Blechen oder Platten gebildet waren, welche die einen continuirlichen Strom leitende Drahtrolle umgaben. Alle Metalle, das Eisen ausgenommen, geben keinen Ton, wenn sie entweder als ganz offene oder als vollkom-

men geschlossene Röhren die Drahtrolle umgeben. Stossen dagegen die Ränder blos an einander, so lassen alle Metalle einen sehr deutlichen Ton vernehmen, der an Stärke und Klang verschieden ist nach den Dimensionen der Röhre, nach der Natur und Elasticität ihres Materials und nach der Intensität des Stromes. — Diese Töne verdanken ihren Ursprung jedenfalls einem parallel den Windungen der Drahtrolle in der Röhre erregten Inductionsstrome (s. Art. Induction).

12. In der Nähe der mit vierfachem Gitter besetzten Eisenbahnbrücke bei Frankfurt am Main hat Oppel einen schrillenden Ton beobachtet, wenn in der Nähe geschossen wurde. Der Ton nahm an Tonhöhe und Tonstärke sehr rapid ab. Der Ton entsteht jedenfalls durch die Aufeinanderfolge der von den Gitterstäben des Geländers zurückgeworfenen Streifen der Hauptschallwelle des Schusses. Eine ähnliche Erscheinung habe ich oft beobachtet, wenn in Stettin am Paradeplatze eine Kanone gelöst wird und der Schall an der Häuserfront entlang streift, wo Fenster oder andere Unebenheiten wohl besondere Reflexionen veranlassen.

13. Wegen der Entstehung der harmonischen Töne beim Mitklingen vergl. Art. Mitklingen. In tönenden Röhren erhält man dieselben durch stärkeres Anblasen; vergl. B. 8. c.

14. In Betreff der Combinationstöne oder Tartinischen Töne verweisen wir auf Art. Combinationston.

15. Eine besondere Tonerregung bezeichnet man noch als das Mittönen. Es handelt hierüber der besondere Artikel Mittönen.

C. Als Nebenerscheinung bei der Erregung von Tönen ist noch die Resonanz zu erwähnen, welche eine Verstärkung des erregten Tones zur Folge hat. Es tritt dies ein, wenn ein Körper durch die Schallwellen, welche ein anderer tönender erregt hat, in entsprechende Schwingungen — aber ohne zu tönen — versetzt wird, und zwar ist die Tonverstärkung um so bedeutender, je leichter der resonirende Körper in Schwingungen geräth. Das Nähere enthält Art. Resonanz. — Es beruht hierauf z. B. auch das Stethoskop (s. d. Art.).

Tonne bezeichnet in Preussen ein Mass von 4 Scheffeln und beim Biere von 100 Quart; in Frankreich nennt man ein Gewicht von 1000 Kilogrammen Millier und dies wird als Schiffstonne genommen; in England ist 1 *Ton Avoir-du-poids* ein Gewicht, welches 20 Hundredweight, von denen jedes 112 Pfund *Avoir-du-poids* ausmacht, hält und $2171,_{26}$ preuss. Altpfund, also $2031,_{0441}$ preuss. Neupfund beträgt.

Tonnenlinse heisst die auf Leuchtthürmen gebräuchliche Combination geschliffener Gläser, um das Licht nach möglichst vielen Richtungen möglichst weit fortzusenden. Vergl. Art. Linsenglas. I. S. 41.



Tonometer oder Tonmesser oder

Tonwaage nannte W. Weber das Monochord in der Abänderung, dass die Saite an einem verticalen Resonanzkasten herabhing und durch direct anhängende Gewichte gespannt wurde.

Topf, papinscher, s. Art. Papinscher Topf.

Toppfeuer nennen die Seeleute das an dem Topp der Masten auftretende Elmsfeuer (s. d. Art.).

Tornados oder Trovados nennt man die Wirbelstürme, welche über den östlichen Theil der nordamerikanischen Vereinsstaaten hinstreifen. Sie rotiren zwar und schreiten nach dem Gesetze der Stürme (s. Art. Sturm) fort, sind aber häufig auf eine viel geringere Breite und Dauer beschränkt, als die westindischen Hurricans. Sie dürften den Uebergang zu den Wettersäulen (Trompen) bilden. Die Spanier und Portugiesen nennen überhaupt Windstösse aus verschiedenen Richtungen, wie sie innerhalb der Calmen vorkommen, Tornados oder Trovados.

Torossen, s. Art. Hummocks.

Torpedo, s. Art. Zitterrochen.

Torricellische Leere, s. Art. Barometer. S. 71.

Torricellische Röhre heisst die Röhre des Quecksilberbarometers. S. Art. Barometer.

Torricellisches Theorem, s. Art. Ausfluss. A. S. 58.

Torricellisches Vacuum, s. Art. Barometer. S. 71.

Torricellischer Versuch heisst der von Torricelli mit Quecksilber angestellte Versuch, durch welchen er das Aufsteigen der Flüssigkeiten im leeren Raume als eine Folge des Luftdrucks nachwies. S. Art. Barometer. S. 70.

Torsion oder Drehung }
Torsionselasticität } s. Art. Elasticität. S. 254.

Torsionsfestigkeit, s. Art. Festigkeit. IV. S. 328.

Torsionsstab nannte Gauss einen Messingstab, der bei seinem Magnetometer an den Faden, welcher den Magnet zu tragen hat, gehängt wurde, um die Torsion des Fadens aufzuheben, sobald der Stab in den magnetischen Meridian durch Umdrehung des Torsionskreises gebracht war. Der Stab muss dem Magnetstabe ganz gleichgestaltet sein, welcher darauf angehängt wird.

Torsionswaage oder Drehwaage, s. d. Art.; vergl. auch Magnetometer.

Torsionswinkel nennt man die Grenze der Verdrehung, welche ein Körper erleiden kann, wenn er dabei noch fest bleiben soll. S. Art. Festigkeit. IV. S. 328.

Trabant oder Satellit, s. Art. Nebenplanet und Planet.

Trade winds, d. h. Handelswind, nennen die Engländer die Passatwinde. S. Art. Wind.

Trägheit (*vis inertiae*) oder Beharrungsvermögen; s. d. Art.

Trägheitsmoment nennt man den Widerstand, welchen ein System festverbundener Punkte (ein Körper) seiner Bewegung entgegensetzt. Bei der Bewegung eines Körpers im Kreise um eine Axe sagt man statt Trägheitsmoment besser Drehungsmoment.

Wird ein ruhender Körper durch eine Kraft in geradlinige Bewegung versetzt, bis seine Geschwindigkeit v wird, so ist sein Trägheitsmoment $\frac{v^2 G}{2g} = \frac{1}{2} v^2 M$. — Wirkt nämlich auf einen ruhenden Körper eine constante Kraft mit der Beschleunigung γ antreibend, bis er die Geschwindigkeit v erhält, so ist der bis dahin zurückgelegte Weg (s. Art. Bewegungslehre. S. 91. No. 4) $= \frac{v^2}{2\gamma}$, die Kraft aber, mit welcher die Masse $M = \frac{G}{g}$ mit der Acceleration γ bewegt wird, ist $= \gamma M$ oder $= \gamma \cdot \frac{G}{g}$ (s. Art. Kraft. II. e. S. 550). Nun ist die Arbeit der Kraft (s. d. Art.) das Product aus der bewegenden Kraft und der Weglänge, also $= \frac{v^2}{2\gamma} \cdot \gamma \frac{G}{g} = \frac{v^2 G}{2g}$ oder gleich der halben lebendigen Kraft $= \frac{1}{2} v^2 M$ (s. Art. Kraft, lebendige): dies ist aber nichts Anderes als das Trägheitsmoment.

Ist ein Körper an einer Axe befestigt und um diese drehbar, so ist das Drehungsmoment desselben, wenn man diejenige Kraft als Einheit annimmt, welche die Masseneinheit in der Entfernung $= 1$ in die entsprechende Winkelgeschwindigkeit versetzt, gleich dem Producte aus der Masse und dem Quadrate der Entfernung von der Axe. Die in verschiedenen Entfernungen zur Ueberwindung der Trägheit erforderlichen Kräfte verhalten sich überhaupt wie die Producte aus den Massen und den Quadraten der Entfernungen, oder $P : P_1 = r^2 M : r_1{}^2 M_1$; folglich ist auch, wenn $M : M_1 = r_1{}^2 : r^2$ sich verhält, $P = P_1$, d. h. beide Massen haben gleiche Trägheitsmomente. Denkt man sich eine Masse in einen Punkt vereinigt, der in einer bestimmten Entfernung von der Axe liegt, und es soll für diese Masse das Trägheitsmoment dasselbe sein, wie für die ganze Masse des Körpers, so sagt man, die Masse sei auf den Punkt reducirt. — Würde nämlich der Körper in der Entfernung von der Axe $= r$ in einer Zeiteinheit durch den Bogen v bewegt, so wäre die darauf verwendete Kraft $= \frac{1}{2} v^2 M$. Bei derselben Winkelgeschwindigkeit würde in der Entfernung r_1 in derselben Zeit der Bogen v_1 zurückgelegt und die darauf verwendete Kraft müsste $\frac{1}{2} v_1{}^2 M$ sein. Folglich verhalten sich die beiden Kräfte in den Entfernungen r und r_1 wie $v^2 : v_1{}^2$. Es ist aber auch $v : v_1 = r : r_1$, also ist all-

gemein $P : P_1 = r^2 M : r_1{}^2 M_1$, da für eine n mal so grosse Masse auch eine n mal so grosse Kraft erforderlich ist, um ihr dieselbe Geschwindigkeit zu ertheilen. — Ferner stehen, wenn $v : v_1 = r : r_1$ ist, bei zwei Massen von gleicher Winkelgeschwindigkeit die lebendigen Kräfte in demselben Verhältnisse wie die Trägheitsmomente. Sind also die letzteren gleich, so sind es auch die ersteren.

Das Trägheitsmoment eines Körpers ist die Summe der Trägheitsmomente sämmtlicher Theilchen desselben. Dies zu berechnen bietet die Integralrechnung den bequemsten Weg. Hier führen wir nur an, dass das Trägheitsmoment einer Linie oder einer sehr dünnen Stange von der Masse M und der Länge l, die sich um einen Endpunkt dreht, $= {}^1/_3\, Ml^2$ ist, als ob die Linie kein Gewicht hätte und nur im anderen Endpunkte ${}^1/_3$ der Masse concentrirt wäre. — Das Trägheitsmoment einer homogenen Scheibe oder eines Rades von sehr geringer Dicke ist in Bezug auf eine durch den Mittelpunkt gehende Drehaxe $= {}^1/_2\, Mr^2$, wenn M die Masse und r der Halbmesser ist. — Für eine Kugel vom Halbmesser r, welche sich um einen ihrer Durchmesser dreht, ist das Trägheitsmoment ${}^2/_5\, Mr^2$. — Bei einem Kegel, dessen Basis den Halbmesser r hat und der sich um seine eigene Axe dreht, erhält man das Trägheitsmoment ${}^3/_{10}\, Mr^2$. — Kennt man das Trägheitsmoment eines Körpers oder eines Systems von Körpern in Bezug auf eine durch den Schwerpunkt gehende Axe, so erhält man das Trägheitsmoment in Bezug auf jede andere dieser Axe parallele Axe, wenn man zu dem bekannten Trägheitsmomente der Schwerpunktsaxe die Masse des Körpers, multiplicirt mit dem Quadrate des Abstandes des Schwerpunktes von der neuen Axe, addirt. Bei einer Kugel, deren Drehaxe um d von dem Mittelpunkte absteht, erhält man also $M\,(d^2 + {}^2/_5\, r^2)$. Daraus folgt, dass das Trägheitsmoment eines Körpers in Bezug auf eine durch den Schwerpunkt gehende Axe kleiner ist als das Trägheitsmoment in Bezug auf jede andere Axe, welche mit der Schwerpunktsaxe parallel ist; ebenso dass die Trägheitsmomente eines und desselben Körpers in Bezug auf alle Axen, die unter einander parallel und gleich weit von dem Schwerpunkte entfernt sind, gleich sein müssen.

Tragfähigkeit ist die Grenze, bis zu welcher eine auf einen Körper einwirkende Last gesteigert werden kann, ohne dass die Festigkeit des Körpers darunter leidet. S. Art. Festigkeit.

Traghebel nennt man bisweilen den einarmigen Hebel, wenn die Entfernung der Last kleiner ist als die der Kraft; im entgegengesetzten Falle nennt man den Hebel einen Wurfhebel.

Tragkraft der Balken, s. Art. Tragfähigkeit und Festigkeit.

Tragkraft der Magnete, s. Art. Magnetismus. S. 79.

Tragmodulus, s. Art. Festigkeit.

Tragräder oder Fahrräder, s. Art. Locomotive. S. 43.



Trajectorie oder Wurflinie, s. Art. Wurf und Bewegungslehre. S. 96. No. 7.

Transcalorisch oder Diatherman (s. d. Art.).

Transformation bedeutet Umformung. In der Physik kommen insofern Transformationen vor, als derselbe Stoff amorph (s. d. Art.) und krystallisirt auftreten kann.

Transmission bedeutet Durchlassung, z. B. des Lichtes durch durchsichtige und durchscheinende Körper, desgleichen der Wärme durch diathermane Stoffe.

Transmissionsvermögen bezeichnet die bei verschiedenen Stoffen verschiedene Transmission (s. vorig. Art.), z. B. von Licht- und Wärmestrahlen. Vergl. namentlich Wärme, strahlende.

Transmissionswellen hat S. Russel Wellen genannt, die z. B. entstehen, wenn man von dem einen Ende eines mit Wasser gefüllten Kanals den Querschnitt auf die eine oder die andere Weise, z. B. durch Hineingiessen von Wasser, oder durch Fortschieben der Flüssigkeit von dem betreffenden Ende her, oder durch Oeffnen einer Schleusse vergrössert. Es entsteht dann ein fortschreitender Wasserberg, während die einzelnen Wassertheilchen nur sehr wenig in der Richtung des Fortschreitens verschoben werden. Der Berg überträgt seine lebendige Kraft auf grosse Entfernungen. Entsteht hinter dem Berge ein Thal, so bewegt sich dieses nicht mit derselben Geschwindigkeit wie jener fort, so dass sich beide bald trennen. Ist der oben angenommene Kanal an beiden Enden geschlossen, so kehrt der Berg in derselben Weise, wie er vorging, zurück. Die Fluthwelle (s. Art. Ebbe) lässt sich als eine Transmissionswelle betrachten.

Transspiration nennt Th. Graham den Durchgang von Gasmassen durch Haarröhrchen (s. Art. Effusion); gewöhnlich versteht man aber darunter das Ausscheiden flüssiger und gasförmiger Stoffe durch die äussere Haut des animalischen Körpers. Die Verhältnisse der Transspiration im letzteren Sinne sind durchaus noch nicht genügend aufgeklärt, nur steht fest, dass Wasserdunst und Kohlensäuregas durch die Haut ausgeschieden werden, und ausserdem ist höchst wahrscheinlich, dass Sauerstoff durch die Haut absorbirt wird.

Transversal-Magnet. Befestigt man mehrere Magnetstäbe in einem kreisrunden Ringe so, dass sie wie Radien nach dem Mittelpunkte gerichtet sind und mit den ungleichnamigen Polen einander gegenüberstehen, und führt man einen noch unmagnetischen Stahlstab durch die Mitte, so erhält dieser so viele Reihen von diametral gegenüberstehenden Polen, als Magnetstäbe angewendet wurden, und dann nennt man den erhaltenen Magnetstab einen transversal-magnetischen.

Transversal-Schwingungen s. Art. Ton. B.

Traubenhaut des Auges (*uvea*) heisst die hintere Seite der Re-

genbogenhaut (s. Art. Auge). Sie ist mit einem Pigmente wie die Aderhaut überzogen, braungefärbt und glatt.

Treibarbeit nennt man in der Metallurgie das oxydirende Schmelzen namentlich des Bleies; die Scheidung des Silbers und Bleies beim Saigern beruht z. B. auf einer Treibarbeit.

Treibcylinder oder Dampfcylinder (s. d. Art.).

Treibeis, s. Art. Eis. S. 248.

Treiber, s. Art. Räderwerk. S. 308.

Treibkolben oder Arbeitskolben im Gegensatze zu dem Speisekolben, s. Art. Calorische Maschine.

Treibkorb heisst die Trommel an dem Spindelbaume eines Göpelwerkes, um welche die zur Förderung nöthigen Seile oder Ketten sich auf- und abwickeln.

Treiblade, s. Art. Keil.

Treibrad, s. Art. Räderwerk. S. 308 und Locomotive. S. 43.

Treibsack nennt man bei Förderung mittelst eines Göpels die beladene Tonne im Gegensatze zu der leeren.

Treibstock oder Triebstock, s. Art. Räderwerk. S. 309.

Tremery's Versuch soll beweisen, dass die Luft der positiven Electricität weniger Widerstand leistet, als der negativen. Ein Kartenblatt wird zwischen zwei parallele, aber nicht gerade gegenüberstehende Drähte in lothrechter Richtung so befestigt, dass beim Entladen einer Kleist'schen Flasche es durchbohrt werden muss. Der Funke geht — wie man im Dunkeln sehen kann — stets auf der positiven Seite längs des Kartenblattes fort und durchbohrt es erst dem negativen Drahte gegenüber. Im luftleeren Raume ist die Durchbohrung in der Mitte zwischen beiden Drähten.

Treppengaukler
Treppenläufer } oder chinesische Puppe, s. Art. Burzelmännchen.

Tretrad, s. Art. Laufrad.

Tretscheibe, s. Art. Rad an der Welle.

Trevelyan-Instrument oder Thermophon. Der Hütteninspector Schwarz in Hettstädt beobachtete 1805, dass eine 6 Mark schwere Scheibe von Amalgamationssilber einen orgelartigen Ton gab, als sie heiss auf einen kalten Ambos gelegt wurde, den sie in drei Punkten berührte. Der Schottländer Trevelyan machte zufällig 1829 dieselbe Entdeckung an heissem Eisen und kaltem Blei, verfolgte die Erscheinung weiter und construirte ein Instrument zur bequemen Hervorbringung dieser Töne. Dies Instrument heisst nun das Trevelyan-Instrument oder Thermophon. Es besteht gewöhnlich aus Blei und Messing. Das Bleistück mit einer etwas abgestumpften Kante oberhalb bildet die Unterlage oder den Träger; das Messingstück, im Ganzen jenem ähnlich geformt, aber statt der Kante mit einer schmalen Ver-

tiefung, so dass zwei Kanten neben einander laufen, heisst der Wieger. Dieser Wieger hat in der Richtung der Vertiefung einen Stiel, welcher an seinem Ende einen spitzen Stift trägt, so dass derselbe auf dieser Spitze ruht, wenn das Messingstück auf das Bleistück gelegt wird und die Kanten des Wiegers und der Unterlage sich rechtwinkelig schneiden. Wird Träger oder Wieger erhitzt, letzterer aufgelegt und leicht angestossen, so dass er auf eine seiner Kanten kommt und dann wieder auf die andere zurückfällt, so geräth derselbe in eine so schnelle zitternde Bewegung, dass dabei ein Ton entsteht. — Man kann Wieger und Unterlage von demselben oder von verschiedenem Metalle nehmen. Beide Stücke müssen ungleiche Temperatur haben.

Die Ursache der Schwingungen, in welche der Träger geräth, haben Leslie und Faraday in der Ausdehnung, welche das kalte Metall erleidet, gefunden. Trevelyan ist dieser Ansicht beigetreten und auch A. Seebeck hat sich für dieselbe entschieden, nachdem er sich von der Unhaltbarkeit einer von Forbes aufgestellten abweichenden Erklärung überzeugt hatte. Forbes nahm an, dass bei dem Uebergange der Wärme aus einem besseren Leiter in einen schlechteren eine Abstossung zwischen beiden erzeugt werde. Faraday's Erklärung ist im Wesentlichen folgende: So lange die kalte Unterlage, z. B. Blei, von dem heissen Metalle berührt wird, empfängt es Wärme von demselben und dehnt sich aus, so dass eine kleine Erhöhung auf dem Blei sich bildet; wenn aber der berührte Punkt von dem heissen Wieger, der jetzt auf die andere Seite fällt, verlassen wird, so zieht sich jene Erhöhung während der Nichtberührung wieder zusammen; der Raum, welchen jeder Berührungspunkt des heissen Metalles beim Fallen durchläuft, ist also grösser als der, welchen er beim Steigen vom Blei ab beschrieben hatte, so dass die fallende Seite allemal bis zu einem niedrigeren Niveau gelangt, als die andere; durch diesen grösseren Fallraum gewinnt das Instrument einen Zuwachs an Bewegung, der hinreichend ist, den durch die Hindernisse und den jedesmaligen Stoss erlittenen Verlust zu compensiren, so dass das Instrument in der einmal erregten Schwingung beharrt. — Die Ausdehnung des kalten Metalles wird hierbei doch wohl mehr betragen müssen, als die gleichzeitige Zusammenziehung des heissen.

Tyndall hat die Untersuchung über Schwingungen und Töne, welche bei Berührung unter ungleicher Temperatur eintreten, noch weiter geführt und nachgewiesen, dass dazu auch Körper von gleicher Substanz geeignet sind, ferner dass die Körper nicht nothwendig metallisch zu sein brauchen.

Tribometer oder Reibungsmesser heisst ein Tisch mit horizontaler Ebene, an deren Rande eine Rolle angebracht ist, um das Gewicht zu bestimmen, welches zur Ueberwindung der Reibung (s. d. Art.)

von Körpern nöthig ist, die auf der Horizontalen fortgezogen werden sollen.

Trichroismus, s. Art. Dichroismus.

Trichter, Welterscher, s. Art. Sicherheitsröhren.

Triebkraft bezeichnet eine zur Bewegung antreibende Kraft, z. B. bei Electromagneten.

Triebrad oder Getriebe, s. Art. Räderwerk. S. 308.

Triebstock } s. Art. Räderwerk. S. 309.
Trilling oder Drehling }

Trimetrisch im Gegensatze zu tetrametrisch, s. Art. Krystallographie. S. 556.

Trimorph, s. Art. Dimorph.

Trip oder Turmalin (s. d. Art.).

Trockene Säule oder Zambonische Säule (s. d. Art.).

Trockenregulator nennt man einen Regulator zur Erzeugung eines fast gleichmässigen Luftstromes bei Gebläsen. Diese Trockenregulatoren haben einen veränderlichen Inhalt, indem in ihnen ein Kolben hin- und hergeht. Besser sollen die Windregulatoren (s. d. Art.) mit unveränderlichem Inhalte wirken.

Trocknen nennt man das Entfernen der Feuchtigkeit aus einem Körper, namentlich des an und in demselben haftenden Wassers. Soll dies vollständig geschehen, so ist es oft mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Fast alle Körper sind hygroskopisch, wenn gleich in verschiedenem Grade; ausserdem enthalten namentlich Krystalle Wasser eingeschlossen, welches ihnen von ihrer Bereitung her noch anhängt, ohne zu dem sogenannten Krystallwasser (s. d. Art.) zu gehören. — Beim Trocknen einer Substanz kommt es nun darauf an, das Wasser zu entfernen, ohne dass gleichzeitig wesentliche Bestandtheile verloren gehen, also ohne eine Veränderung des Stoffes herbeizuführen. — In Laboratorien hat man, wenn dergleichen Operationen häufig vorzunehmen sind, meistens besondere Trockenschränke, d. h. schrankartige, mit Hürden versehene Behälter, welche aus doppelten, mit Wasser gefüllten Wänden bestehen, um die Erwärmung nur bis auf einen bestimmten Grad zu steigern; bei geringeren auszutrocknenden Mengen verfährt man aber gewöhnlich so, dass man dieselben gleichzeitig mit einer Wasser absorbirenden Substanz, z. B. mit concentrirter Schwefelsäure, in Schaalen unter eine Glasglocke bringt, welche luftdicht abgeschlossen wird. — In der Technik entfernt man aus Zeugen den grössten Theil der Feuchtigkeit (bis zu 60 Procent) durch Centrifugalmaschinen, sogenannte Hydroextractoren (s. d. Art.), und das völlige Trocknen geschieht dann in besonderen Trockenkammern, die in ähnlicher Weise wie Treibhäuser geheizt werden (s. Art. Kanalheizung und Wasserheizung). — Bei physikalischen Versuchen bedient man sich zum Theil der Wasser absorbirenden Sub-

stanzen in der vorher angegebenen Weise. Kommt es darauf an Luftarten in wasserfreiem Zustande zu verarbeiten, z. B. die Kohlensäure im Natterer'schen Apparate (s. d. Art.) zu comprimiren, so leitet man dieselben durch mit ausgetrocknetem Chlorcalcium gefüllte Röhren.

Trogapparate nennt man galvanische Elemente (s. Art. Säule, galvanische), bei welchen die Metallplatten in Trögen aus einer Substanz, welche von der dabei benutzten Flüssigkeit nicht angegriffen wird, stehen. Man benutzt gewöhnlich Glas oder Porcellan oder Holzbehälter, welche mit einem entsprechenden Harzkitte überzogen sind; auch hat man den Trog aus dem einen Metalle, namentlich aus Kupfer verfertigt und das andere Metall, ohne dass metallische Berührung stattfindet, eingesetzt. Die jetzt gebräuchlichen constanten Batterien in Becherform bestehen eigentlich durchweg aus Trogapparaten, während man früher den Begriff enger fasste; vergl. Art. Kastenapparat und Säule. S. 364.

Trombe, s. Art. Wasserhose.

Trommel, die, ist wie die Pauke ein Lärminstrument. Sie besteht aus einem hohlen, dünnwandigen hölzernen oder messingenen Cylinder, der beiderseits mit gespannten Häuten, Trommelfellen, geschlossen ist. Man unterscheidet Wirbeltrommel, klein und hoch; Lärmtrommel, flach, und grosse Trommel, die mit einem grossen gepolsterten Schläger geschlagen wird, während bei jenen zwei kleinere hölzerne verwendet werden. — Bei dem Electrophor (s. d. Art.) nennt man bisweilen den Deckel Trommel oder Schild.

Trommelfell, s. Art. Trommel und Ohr des Menschen.

Trommelhöhle oder Paukenhöhle, s. Art. Ohr des Menschen.

Trompete, die, besteht wie das Horn (s. d. Art.) aus einer langen messingenen Röhre, jedoch ist dieselbe nicht kreisförmig gewunden, sondern so gebogen, dass zwei kürzere Bogenstücke durch längere gerade Röhrentheile (ellipsenartig) verbunden sind; auch ist das Mundstück nicht kegelförmig, sondern wird aus einem gegossenen Messingstücke mit breitem Rande und cylindrischer Oeffnung in einer kesselartigen Vertiefung gebildet. Der Ansatz der Lippen beim Blasen ist hier noch wesentlicher als bei dem Horn. Einsatzstücke, sogenannte Krummbogen, sind auch bei der Trompete nöthig, um dieselbe den verschiedenen Tonarten anzupassen. Gewöhnlich sind die Trompeten — wenigstens bei dem Militair — auf *Es* gestimmt. Dass man Melodien auf der Trompete nur in hohen Tönen blasen kann, folgt daraus, dass man auf derselben durch verschieden starkes Anblasen nur die harmonische Tonreihe (s. Art. Ton. A. 9) erregen kann. Um die chromatische Tonleiter blasen zu können, half man sich anfangs mit Schieberöhren; aber der Zweck ist vollkommener erreicht in den Klapp- oder Ventiltrompeten, bei welchen die Hauptröhre mit Nebenröhren verbunden

ist, welche in dieselbe münden, so dass durch Ventile (Wechsel) die schwingende Luftsäule um die entsprechenden Längen vergrössert werden kann. Clagget in England hat diese Idee zu Ende des 18. Jahrhunderts zuerst ausgeführt; dann kam Heinrich Stötzl aus Pless (1815) mit einer Verbesserung und endlich hat Müller in Mainz (1830) diese Trompeten in der heutigen vollkommenen Form hergestellt. Diese gebrauchten bei ihrer Einrichtung drehbare Hähne; dafür schlug aber Meifried in Paris durchbohrte und verschiebbare Cylinder vor, was Adolph Sax in Brüssel (1833) in vollkommenster Weise zuerst zur Ausführung gebracht hat.

Trompete, eustachische oder eustachische Röhre, s. Art. Ohr des Menschen. S. 177.

Tropenzone, s. Art. Zone.

Tropfbarflüssig, s. Art. Aggregatsformen.

Tropfbarkeit, s. im Art. Ausdehnsamkeit.

Tropfen nennt man jede für sich bestehende oder als solche betrachtete kleinere oder unbestimmt grössere Masse einer Flüssigkeit. — Im freien Zustande, also sich selbst überlassen, bilden die Tropfen vollkommene Kugeln, da die einzelnen Molecüle nur dann im Gleichgewichte sein können, wenn sie mit allen gleichweit vom Centrum entfernten einen gleichen hydrostatischen Druck erleiden (s. Art. Hydrostatik. A.). — Im lufterfüllten Raume fallende Tropfen, z. B. Regentropfen oder die bei der Schrotfabrikation fallenden Schrotkörner, können die vollkommene Kugelgestalt nicht beibehalten, sondern die verticale durch das Centrum gehende Durchschnittsebene ist von der Curve des kleinsten Widerstandes begrenzt. Beim Fallen im leeren Raume liegt kein Grund zu einer Abänderung vor. — Ruht ein Tropfen auf einer Fläche, so kommt ausser der gegenseitigen Anziehung der Molecüle die Adhäsion an der Oberfläche der Unterlage in Betracht und überdies der lothrechte Druck, welcher namentlich eine Abplattung zur Folge hat. — Bei Tropfen, welche von einem Körper herabhängen, wird die Grösse und Gestalt durch die Fluidität und das spec. Gewicht der Flüssigkeit, durch die Grösse, Form und Adhäsionskraft des Körpers oder der Fläche, an welcher sie hängen, und durch die Temperatur bedingt. Ueber die Verhältnisse bei hängenden Tropfen sind seit Musschenbroek häufig Untersuchungen angestellt worden, in neuerer Zeit namentlich durch Frankenheim, welcher dabei den Begriff der Synaphie einzuführen gesucht hat.

Ein Tropfen destillirtes Wasser wird gewöhnlich dem Gewichte nach zu 1 Gran angenommen oder 20 Tropfen = 1 Gramm. Am leichtesten sind wohl die Tropfen des Aethers, von denen 83 Tropfen auf 1 Gramm gehen.

Tropfglas ist eine zum Abtröpfeln bestimmte Vorrichtung, die im Wesentlichen auf die Pipette (s. d. Art.) hinausläuft.

Tropfsteinhöhle, s. Art. Kalksteinhöhle.

Tropisch. Tropisches Sonnenjahr, s. Art. Jahr; tropischer oder periodischer Monat, s. Art. Monat. 2; tropischer Umlauf oder tropische Revolution eines Planeten ist die Umlaufszeit desselben in Bezug auf den Nachtgleichenpunkt. Da der Nachtgleichenpunkt sich jährlich um $0^{\circ},01394$ von Osten gegen Westen bewegt, so sind die tropischen Revolutionen der Planeten etwas kleiner als die siderischen. S. Art. Planeten. S. 231.

Trovados oder Tornados (s. d. Art.).

Troy-Gewicht d. h. Londoner Gewicht, s. Art. Gewichte. S. 397.

Trübung des Himmels, s. Art. Nebel, Regen, Passatstaub, Haarrauch etc.

Tsing oder Scheng (s. d. Art.) heisst ein in China gebräuchliches musikalisches Instrument.

Tschoung, chinesisch statt Gong-Gong (s. d. Art.).

Tubulatur, **Tubulus** nennt man die mit Stöpseln verschliessbaren Hälse, welche auf die Kugeln von Retorten oder Kolben oder auf Flaschen aufgesetzt sind. Häufig sind die Stöpsel von Glas und eingeschliffen; doch setzen sich diese leicht fest.

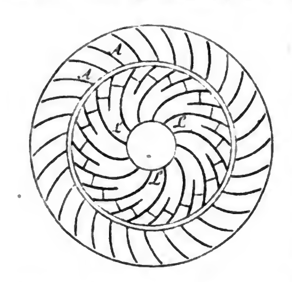
Tubus nennt man ein Fernrohr (s. d. Art.) von mittlerer Grösse.

Tubus Volderianus ist eine nicht mehr gebräuchliche Art des anatomischen Hebers; s. Art. Heber, anatomischer.

Turbine oder Kreiselrad ist ein horizontales Wasserrad, dessen Wirkung darauf beruht, dass das Wasser, welches aus einer Seitenöffnung eines feststehenden Wasserbehälters ausfliesst, auf eine der Oeffnung gegenüberstehende Platte, gleichsam Schaufel, in der Peripherie des horizontalen Rades stösst und dadurch dieses umdreht. Die Turbinen sind gewissermassen eine Umkehrung des Segner'schen Rades (s. Art. Rad, Segners). Es sind daher die sogenannten schottischen Turbinen von Mannoury d'Ectot, verbessert von Whitelaw und Stirrat, eigentlich nicht zu den Turbinen zu zählen, da sie in Wirklichkeit nur vereinfachte Segner'sche Räder sind. Es tritt bei diesen nämlich das Wasser aus dem Wasserbehälter in drei gekrümmten Schwungröhren aus und der Behälter selbst, an dessen Axe die Zwischenmaschinen zum Treiben eines Räderwerkes — wie bei der Barker-schen Mühle — angebracht sind, wird durch die Rückwirkung in Bewegung gesetzt.

Bei den eigentlichen Turbinen steht der Wasserbehälter selbst fest und die verticale Axe des in Bewegung gesetzten horizontalen Rades treibt das Werk. Fourneyron (um 1834) gebührt das Verdienst, das Princip der Turbine zuerst zur Anerkennung gebracht zu haben. Um von dem Wesentlichsten der inneren Einrichtung eine Anschauung zu

geben, fügen wir eine Zeichnung des unteren Theiles im Grundrisse bei, welche den Querschnitt des feststehenden Wasserbehälters und des horizontalen Rades zeigt. Der Kreis in der Mitte ist zur Aufnahme der verticalen Axe des Rades bestimmt; die Räume zwischen den gekrümmten Scheidewänden L geben die Ausflusskanäle, die an der weiteren Mündung gewöhnlich durch eine kürzere Scheidewand in zwei Mündungen getheilt sind; die Schaufeln des horizontalen Rades sind durch A angedeutet und haben eine solche Stellung und Krümmung, dass der aus den Mündungen des Wasserbehälters austretende Wasserstrom dieselben möglichst senkrecht trifft. — Da die Geschwindigkeit des ausströmenden Wasserstrahls von der Druckhöhe abhängt und im Verhältnisse mit den Quadratwurzeln aus denselben steht (s. Art. Ausfluss. A.), so kommt es, um grosse Wirkungen hervorzubringen, namentlich auf eine möglichst grosse Druckhöhe an. Um nun möglichst hohe Gefälle zu benutzen, macht man gewöhnlich das Ausflussreservoir, d. h. den unteren Theil des Wasserbehälters, welcher die Mündungen enthält, oben zu und leitet das Wasser durch eine Einfallröhre seitlich in dasselbe. So eingerichtete Turbinen nennt man auch Hochdruckturbinen im Gegensatze zu den Niederdruckturbinen mit oben offenem Reservoir.



Bezeichnet bei einer Fourneyron'schen Turbine R_1 den äusseren und R_2 den inneren Halbmesser der Turbine in Fussen, Q die Wassermenge in Cubikfussen, welche in der Secunde auf das Rad fällt, H die Höhe des Gefälles, α den Winkel, unter welchem die Leitschaufeln den Radumfang schneiden, β den Winkel, welchen das erste Radschaufelelement mit der Peripherie bildet, v die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in die Turbine eintritt, in Fussen per Secunde, und i die Anzahl der Radschaufeln; so erhält man einen Nutzeffect von 70 bis 75 Procent, wenn man 24 bis 30 Leitschaufeln und ebensoviele Radschaufeln verwendet, $\frac{R_1}{R_2} = 1{,}3$ bis $1{,}5$ macht und den Radschaufeln eine Höhe in Fussen giebt, welche gleich ist

$$\frac{Q}{0{,}9\,v} \cdot \frac{1}{2\pi R_2 \sin\alpha - {}^{i}/_{80}}.$$

Die Umdrehungsgeschwindigkeit am äusseren Umfange der Turbine ist dann

$$0{,}707\,\frac{R_1}{R_2}\sqrt{gH\,\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\,\sin\beta}}$$

$$\text{und } r = \sqrt{gH \frac{\sin\beta}{\cos\alpha \,.\, \sin(\alpha + \beta)}}.$$

Bei hohen Gefällen macht man $\alpha = 15^0$, bei kleineren $= 24^0$. und $\beta = 60^0$ bis 90^0. — Ausführlicher behandelt das rein Technische J. Weisbach in seinem Lehrbuche der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Ebenda findet sich auch über die Literatur das Erforderliche. — Um von der kräftigen Wirkung, welche sich selbst durch geringere Wassermengen erreichen lässt, wenn nur ein grosses Gefälle zu Gebote steht, ein Beispiel zu geben, erwähnen wir eine Turbine zu St. Blasien im badischen Schwarzwalde, welche bei einem Durchmesser des Rades von 316 Millimetern oder etwa 1 Fuss, aber bei einem Gefälle und einer Druckhöhe von 108 Metern oder 332 par. Fuss das Rad in 1 Minute 2200 bis 2300mal herumtrieb und eine grosse Baumwollspinnerei mit 8000 Waterspindeln, den dazu gehörigen Vorspinnmaschinen, 36 Reisskrempeln, 34 Feinkrempeln, zwei Schlagmaschinen, einen Wolf und noch andere Nebenapparate bediente, und dabei in 1 Sec. nur ungefähr 1 franz. Cbkf. Wasser bedurfte.

Auf dem umgekehrten Principe der Schiffsschraube (s. d. Art.) beruht die Schraubenturbine, die namentlich in Frankreich Verbreitung gefunden hat. An einer verticalen Axe ist eine eiserne Schraubenfläche, ähnlich einer Wendeltreppe; die Axe nebst Schraubenfläche ist in einem Cylinder von der Länge der Schraube drehbar und über diesem befindet sich der Wasserbehälter, so dass das Wasser nur durch die Oeffnung abfliessen kann, welche die Schraube lässt. Es leuchtet ein, dass durch den Wasserstrom die Schraube nebst Axe in Drehung versetzt wird, die sich anderweitig verwerthen lässt. Gewöhnlich enthält die Schraube — wie die ursprüngliche Schiffsschraube — zwei Schraubenflächen.

Turmalin, Turnamal, Trip, Aschenzieher, Aschentrecker, Schörl, ceilonscher Magnet, Siberit, Daourit, Achroit etc. heisst ein in seiner Zusammensetzung sehr wechselndes Mineral, welches namentlich als einatomige Basen Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk, Natron, Lithion, Kali enthält. Es findet sich dies Mineral sehr häufig krystallisirt mit dem Rhomboeder als Kernform, meist säulenartig, langgestreckt bis nadelförmig, seltener kurz und dick tafelartig, die Seitenflächen längsstreifig. Die Farbe ist sehr verschieden: wasserhell, weiss, roth, blau, grün, gelb, braun, schwarz. — In physikalischer Hinsicht ist der Turmalin besonders deshalb interessant, weil er in der Richtung der Hauptaxe Dichroismus (s. d. Art.) zeigt und durch Erwärmen polarisch electrisch wird (s. Art. Thermoelectricität. A.). Ueber das Verhalten des Turmalins zum Lichte vergl. Art. Polarisation. A. b. S. 242; wegen der Benutzung desselben in Polarisationsapparaten s. ebenda. S. 243.

Turmalin, künstlicher, wird der Herapatit von Haidinger wegen seiner dem Turmalin gleichenden optischen Eigenschaften genannt (s. Art. Polarisation. S. 242). Derselbe ist schwefelsaures Jodchinin.

Turmalinzange nennt man einen einfachen, nur aus zwei Turmalinplatten bestehenden Polarisationsapparat. Aus einem Turmaline schneidet man zwei planparallele Platten der Axe parallel heraus und fasst sie mittelst Korkscheiben in Drahtringe, welche an einem mehrfach gebogenen Drahte befestigt sind, so dass sie gegen einander gedrückt werden können und in Folge der Elasticität des Drahtes nach aufhörendem Drucke wieder auseinander gehen.

Tuthorn nennt man das zum Blasen oder Tuten eingerichtete Horn, dessen sich die Kuhhirten, desgleichen Nachtwächter und Wallfischfänger bedienen.

Tychoniker nannte man im 17. Jahrhunderte die Anhänger des tychonischen Planetensystems im Gegensatze zu den Copernicanern.

Tyfoon, s. Art. Teifoon.

Tympanum oder Trommel, z. B. *membrana tympani* = Trommelfell; z. B. im Ohre (s. d. Art.).

Tyndarides oder Castor und Pollux hiessen bei den Griechen und Römern die electrischen Lichter an den Schiffsmasten. S. Art. Elmsfeuer.

Typhon, s. Art. Teifoon.

Typoskop oder Musterzeiger habe ich ein von mir (1861) construirtes Instrument genannt, welches in einer Combination eines polyedrischen Glases (s. Art. Rautenglas) mit einem Kaleidoskope (s. d. Art.) besteht und als eine Vervollkommnung des letzteren anzusehen ist.

Ein Kaleidoskop von etwa 5 Zoll Länge und $1^1/_4$ Zoll Durchmesser bleibt an seinem Ocularende offen und erhält noch ein das Rohr umfassendes und an demselben verschiebbares und drehbares Auszugsrohr von 6 bis 8 Zoll Länge, welches an der Kaleidoskopröhre anschliesst, nach dem Ocularende aber sich etwas erweitert, um daselbst ein polyedrisches Glas in einer etwa 2 Zoll betragenden Entfernung von der dem Auge zugewendeten Oeffnung aufzunehmen. Das Kaleidoskop lässt sich drehen, ohne das polyedrische Glas in eine andere Lage zu bringen; ebenso kann das polyedrische Glas ohne das Kaleidoskop gedreht und ausserdem in verschiedenen Abstand von diesem gebracht werden. Hierdurch erhält man eine grosse Mannigfaltigkeit von Mustern in verschiedenartiger Gruppirung. Sieht man in der Richtung der Axe durch das Rohr, so erscheinen vorzugsweise als Muster geordnete Sterne; richtet man das Auge mehr schräg auf das polyedrische Glas, so erscheinen die verschiedenartigsten Formen als Muster geordnet, weil sich von dem kaleidoskopischen Sterne dann nur eine Zacke vervielfältigt zeigt. —



Musterzeiger oder Typoskop habe ich das Instrument genannt, weil man eben die Figuren stets in Gruppen geordnet erblickt, die man durch Drehung des polyedrischen Glases allein in ihrer gegenseitigen Lage abändern kann, so dass man leicht die besonders gefällige Gruppirung zu ermitteln im Stande ist, welche man für Stickereien, Tapeten oder Katune und dergl. gebrauchen will.

U.

Ualopanopsique heisst ein von Wallet 1834 angegebenes, aber nicht weiter beachtetes Instrument, um alten Personen das Lesen zu erleichtern.

Udometer, s. Art. Regenmesser.

Ueberdruck des Dampfes in einer Dampfmaschine nennt man den wirksamen Druck des Dampfes, d. h. den Ueberschuss des Dampfdruckes über den demselben entgegenwirkenden Druck. Hat z. B. die Dampfmaschine (s. d. Art.) keinen Condensator, wie dies bei der Locomotive der Fall ist, und besitzt der Dampf einen absoluten Druck von 5 Atmosphärendrücken, so ist ein Atmosphärendruck in Abrechnung zu bringen und der Ueberdruck beträgt nur 4 Atmosphärendrücke.

Ueberfall nennt man eine Oeffnung, durch welche eine Flüssigkeit aus einem Behälter abfliesst, wenn dieselbe bis zum Niveau der Flüssigkeit reicht. Gewöhnlich ist die Oeffnung rechteckig mit horizontalen und verticalen Kanten. Für einen rechteckigen Ueberfall von der Breite b und einer Tiefe der horizontalen Kante h unter dem Niveau beträgt die in einer Secunde ausfliessende Flüssigkeitsmenge $\frac{2}{3}\, bh \sqrt{2gh}$. Vergl. Art. Ausfluss. A.

Ueberschlagen } der Electricität, vergl. Art. Funke, elec-
Ueberspringen } trischer.

Ueberschmelzung nennt man das Flüssigbleiben eines Körpers bei Temperaturen unter dem Schmelzpunkte desselben. Wasser hat man bei —12, —15, selbst bei —18° C. noch flüssig gesehen. Auch bei Schwefel, Phosphor und Zinn hat man die Ueberschmelzung beobachtet. S. Art. Schmelzen. S. 393.

Uhr oder Uhrwerk nennt man jedes zur Zeitmessung bestimmte Instrument. — Unserer Zeiteintheilung in Stunden, Minuten, Secunden liegt die tägliche scheinbare Bewegung der Sonne, also die Axendrehung der Erde zu Grunde. Im Allgemeinen setzen wir die Zeit von Mittag bis wieder zu Mittag, also die Zeit von einer Culmination der Sonne bis

zur nächsten, oder — allerdings nicht genau — die Zeit, welche die Erde zu einer Axendrehung braucht, gleich 24 Stunden. Es kommt nun darauf an, eine in ihren Abtheilungen leicht zu verfolgende Bewegung zu erzeugen, welche mit der eben angegebenen Bewegung in einem bestimmten Verhältnisse steht. Bei unseren gewöhnlichen Uhren ist dies z. B. insofern erreicht, als sich der Stundenzeiger zweimal und der Minutenzeiger 24 Mal über einer in gleiche Theile getheilten Scheibe, dem *Zifferblatte*, in der angegebenen Zeit von 24 Stunden herumdreht. Vergl. Art. *Sonnenzeit*.

Unsere so bequemen und genauen Uhren sind eine Erfindung des 17. Jahrhunderts, insofern damals erst das Pendel als Regulator zur Verwendung gebracht wurde. In früheren Zeiten waren Sonnenuhren in Gebrauch und wo es nur auf irgend ein Zeitmass ankam, wenn dies auch nicht gerade mit unserer Zeiteintheilung in Verhältniss stand, Sanduhren und Wasseruhren.

A. *Sonnenuhren*, bei denen der Gang des Schattens, welchen ein dem Sonnenlichte ausgesetzter Stab oder Stift wirft, einen Schluss auf den Stand der Sonne und somit auf den Tageszeittheil gestattet, werden schon in der Bibel (2. Könige, 20. v. 9—11 u. Jesaias 38. v. 8), also schon 750 v. Chr. erwähnt. In Griechenland wurde um 545 v. Chr. durch *Anaximander* in Lacedämonien die erste Sonnenuhr aufgestellt; in Rom soll *Papirius Cursor* (306 v. Chr.) dies zuerst gethan haben.

Bei Anfertigung einer Sonnenuhr kommt es darauf an: 1) einen Stift so zu stellen, dass er der Erdaxe parallel ist, und 2) dass der Schatten dieses Stiftes auf einer hinter demselben stehenden Fläche durch seine Lage in jedem Augenblicke die wahre Zeit erkennen lässt. Die Kunst, Sonnenuhren zu verfertigen, nennt man *Gnomonik*. Da diese Uhren jetzt eine mehr untergeordnete Rolle spielen, so genüge es auf *Littrow's* Gnomonik, Wien 1831 zu verweisen. Wir bemerken nur noch, dass es *feste* und *tragbare* Sonnenuhren giebt, von denen die letzteren mittelst einer guten Magnetnadel unter Berücksichtigung der Declination oder mittelst einer genau gezogenen Mittagslinie gehörig einzustellen, d. h. zu orientiren sind. Ausserdem unterscheidet man *Horizontaluhren* und *Verticaluhren*, je nachdem die ebene Fläche, auf welche der Schatten fällt, horizontal liegt oder vertical steht, und bei den Verticaluhren wieder *Mittagsuhren*, bei denen die verticale Ebene senkrecht auf der Mittagslinie des Ortes steht und südwärts gerichtet ist, *Morgenuhren*, bei denen diese Ebene mit ihrer Auffangefläche gegen Osten gekehrt ist, *Abenduhren* mit nach Westen gerichteter Auffangefläche und *Mitternachtsuhren*, bei denen die Ebene senkrecht auf der Mittagslinie steht, aber die Auffangefläche nach Norden hin liegt. Diese Sonnenuhren gestatten eine mathematische Berechnung. Sonnenuhren auf beliebig gestalteten und gegen den



Horizont beliebig geneigten Flächen construirt man auf mechanischem Wege mit Hilfe einer in der Nähe aufgestellten guten Horizontaluhr. Da der schattenwerfende Stift der Erdaxe parallel sein muss, so versteht es sich von selbst, dass eine für einen bestimmten Ort entworfene feste Sonnenuhr nicht für jeden anderen Ort, sondern nur für diejenigen, welche unter derselben geographischen Breite liegen, brauchbar ist. Die Neigung des Stiftes gegen den Horizont muss an jedem Orte mit der geographischen Breite desselben übereinstimmen. Bei tragbaren Sonnenuhren muss eine Einrichtung getroffen werden, den Stift in die gehörige Richtung zu bringen.

Eine auf die Polarisation des Lichtes sich gründende Sonnenuhr hat Wheatstone angegeben. Das von dem blauen Himmelsgewölbe regelmässig reflectirte Licht ist nämlich in einer durch die Sonne gehenden Ebene stark polarisirt.

B. Wasseruhren und Sanduhren sind seit alten Zeiten als Zeitmesser in Gebrauch gewesen. In Athen wurde vor Gericht z. B. die Zeit, wie lange ein Redner sprechen durfte, durch die Klepsydra bemessen. Dies war eine sehr einfache Maschine, es sickerte nämlich in ein oberes Gefäss gegossenes Wasser durch den siebähnlichen Boden desselben in ein darunter befindliches zweites. Die einzufüllende Flüssigkeit wurde nach Amphoren (250 preuss. Quart) je nach der Wichtigkeit der Sache bestimmt. Die Römer ahmten -- entschieden seit Pompejus — die Sitte der Athener nach.

Sanduhren haben sich zu manchen Zwecken bis auf unsere Zeit in Gebrauch erhalten. Es bestehen dieselben aus zwei über einander stehenden gläsernen Behältern, welche durch eine enge Oeffnung verbunden sind, so dass sich das oben gestellte und mit einer bestimmten Menge Sand gefüllte stets in derselben Zeit in das unterhalb stehende entleert. Es gehört hierher das bei der Schifffahrt gebrauchte, gewöhnlich eine halbe — bisweilen auch nur eine Viertel-Minute laufende Logglas (s. Art. Log). Früher waren Sanduhren nicht selten, die aus 4 derartigen Uhren zusammengesetzt waren, von denen die erste $^1/_4$, die zweite $^1/_2$, die dritte $^3/_4$ und die vierte 1 Stunde Zeit zur Entleerung beanspruchte. — Statt Sanduhr sagt man wohl auch Sandglas oder schlechthin Glas oder Sandläufer.

C. Räderuhren oder eigentliche Uhrwerke sind Räderwerke, welche durch die Schwerkraft eines herabziehenden Gewichtes oder durch die Elasticität einer zu einer Spirale zusammengedrehten Feder in Bewegung gesetzt werden, so dass dadurch Zeiger über einem Zifferblatte in eine gleichförmige Bewegung gerathen. Ohne näher auf die Einrichtung des Räderwerkes einzugehen, soll hier namentlich der Theil, durch welchen die gleichförmige Bewegung der Zeiger erzielt wird, kurz erläutert werden.

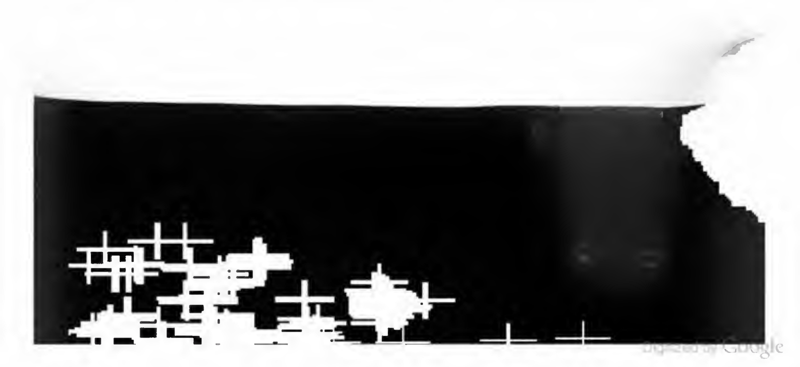
Der Regulator der Räderuhren ist entweder ein Pendel oder

eine elastische Feder. Der Erfinder dieser Regulirung ist der Holländer Huyghens 1673 (geb. 1629, gest. 1695). Erfinder der Taschenuhren soll 1500 der Nürnberger Peter Hele gewesen sein; indessen können diese unmöglich genau gegangen sein.

Die Schwingungen eines Pendels, wenn dasselbe durch gleichgrosse Schwingungsbogen schwingt, werden (s. Art. Pendel) in genau gleichen Zeiten vollendet. Dies zur Regulirung des Ganges eines Räderwerkes zu benutzen, so dass dasselbe — wenn auch nur in kleinen Zwischenräumen, also intermittirend — einen gleichmässigen Gang erhält, war Huyghens Gedanke. Es kam nun darauf an, das Pendel mit dem Räderwerke in geschickte Verbindung zu bringen. Dies geschieht durch die sogenannte Hemmung oder das Echappement, d. h. durch einen Mechanismus, welcher bei jeder Schwingung des Pendels die Bewegung des Räderwerkes eine Zeit lang hemmt, so dass das Werk in seiner Bewegung nach gleichen Zeitabschnitten um gleichviel vorwärts rückt, also intermittirend springt.

Um von der Hemmung eine Vorstellung zu geben, legen wir eine Schwarzwalder Uhr zu Grunde und beziehen uns auf beistehende Zeichnung. Wir finden in dieser Uhr ein Rad mit schrägstehenden Zähnen, das sogenannte Steigrad, und über demselben einen Bogen mit zwei Lappen oder Haken. Diese Lappen bilden die Hemmung, indem sie sich mit dem an der Uhr befindlichen Pendel hin und her bewegen und zwar so, dass der rechte Lappen in das Steigrad eingreift, wenn das Pendel sich nach links bewegt, und der linke Lappen, wenn die Bewegung des Pendels nach rechts erfolgt. Bei jedem Hingange des Pendels von rechts nach links wird ein Zahn auf der rechten Seite festgehalten; bei dem Rückgange von links nach rechts wird dieser Zahn frei und das Steigrad bekommt Gelegenheit sich zu drehen, wird jedoch sofort auf der linken Seite wieder gehemmt. Bei dem nächsten Hingange nach links wiederholt sich derselbe Vorgang, nur mit dem Unterschiede, dass jetzt der nächstfolgende Zahn auf der rechten Seite festgehalten wird u. s. f. Soll also das Steigrad um einen ganzen Zahn sich fortbewegen, so gehört ein Hin- und ein Hergang des Pendels, also eine Doppelschwingung, dazu. Braucht also das Pendel zu einer Schwingung stets dieselbe Zeit, so wird auch das Steigrad seine Bewegung gleichmässig machen und mit demselben das ganze Räderwerk einen regelmässigen Gang erhalten.

Die Form der Hemmung hat man auf sehr verschiedene Weise ausgeführt. Zunächst bemerken wir aber, dass bei Taschenuhren — und dahin könnte man auch die Chronometer (s. d. Art.) rechnen — die



Stelle des Pendels von einem Schwungrade vertreten wird, welches mit seiner Axe an einer feinen elastischen Feder befestigt ist, durch welche die schwingende Bewegung unterhalten wird. Es ist dies die sogenannte Unruhe. Die Hemmung steht in diesem Falle mit der Axe des Schwungrades in Verbindung, da diese sich ebenfalls hin und her bewegt. Ferner ist an dieser Stelle noch die Frage zu beantworten, warum das Uhrpendel so lange in Bewegung bleibt, wie das Gewicht oder die Feder die Räder treibt, da doch ein frei hängendes Pendel nach längerer oder kürzerer Zeit zur Ruhe kommt. — In dieser Beziehung ist zu bedenken, dass das Steigrad durch die treibende Kraft fortwährend zur Bewegung angetrieben wird. Greift nun die Hemmung ein, so erhält sie und damit auch das Pendel einen Anstoss in entgegengesetzter Richtung, durch welchen die rückgehende Bewegung immer wieder die nöthige Kraft gewinnt. Ist das Gewicht oder die Feder abgelaufen, so erhält auch das Pendel diesen Stoss nicht mehr und es kommt dann, wie jedes andere Pendel, zur Ruhe, d. h. die Uhr steht. Selbstverständlich ist indessen hierbei, dass durch den Anstoss die Schwingungsdauer des Pendels keine Aenderung erleiden darf. Dies ist jedoch, wenn das Steigrad auf das Pendel selbst oder auf die Unruhe selbst direct drücken würde, nicht gut zu erreichen. Daher kommt es, dass bei den gewöhnlichen Taschenuhren mit Spindelhemmung, desgleichen bei den Cylinderuhren mit Cylinderhemmung und bei den Ankeruhren mit Ankerhemmung kein vollkommen regelmässiger Gang eintreten kann. Bei den Chronometern — bei denen man Taschenchronometer und Dosenchronometer, von denen die letzteren namentlich Seeuhren heissen, unterscheidet — hat man einen vollkommen regelmässigen Gang durch die sogenannte freie Hemmung und durch die freie Hemmung mit constanter Kraft erreicht. Wir müssen aber hier auf ein genaueres Eingehen in diese complicirteren Mechanismen verzichten und bemerken nur, dass dabei das Steigrad mit der Unruhe selbst während ihrer Schwingung nicht in Berührung kommt.

Auf den Gang der Uhren äussern die Temperaturveränderungen einen sehr störenden Einfluss, indem durch die Verlängerung, welche eine Pendelstange bei eintretender Temperaturerhöhung erfährt, die Schwingungszeit des Pendels verlängert und im entgegengesetzten Falle verkürzt wird. Ein gleicher Einfluss zeigt sich bei der Unruhe. Es ist indessen in den sogenannten Compensationspendeln und Compensationsunruhen gelungen, dem Uebelstande abzuhelfen. Die Compensation geschieht entweder durch Metallstäbe von verschiedenen Wärmeausdehnungscoefficienten, welche rostförmig neben einander geordnet (Rostpendel), oder der Länge nach fest verbunden sind (Streifencompensation), oder mittelst eines an der Pendelstange angebrachten Gefässes, welches Quecksilber enthält (Quecksilbercompensation). Vergl. Art. Compensationspendel. Die

Streifencompensation ist namentlich die für Chronometer geeignete. Pendelstangen, welche dem Einflusse der Wärme sehr wenig unterworfen sind, werden aus gut ausgetrocknetem Holze angefertigt; auch hat man einen Marmorstab als Pendelstange verwendet, da der Wärmeausdehnungscoefficient des Marmor sehr klein ist.

Räderuhren, namentlich Chronometer, sollen einen möglichst regelmässigen Gang haben. Sie können daher nur mittlere Zeit zeigen. Die scheinbare Bewegung der Sonne ist nicht gleichförmig; denn sie ist schneller, wenn die Erde im Perihelium, und langsamer, wenn diese im Aphelium steht. Man hat sich nun eine Sonne gedacht, welche sich im Aequator mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, während die wahre Sonne ihre ungleichförmige scheinbare Bewegung in der Ecliptik zurücklegt. Diese mittlere (gedachte) Sonne vollzieht ihre Bewegung so, dass sie immer gleichzeitig mit der wahren Sonne durch den Frühlingspunkt hindurchgeht, und nach dieser mittleren Sonne bemessen wir unsere bürgerliche Zeit. Die Sonnenuhren zeigen, wenn sie genau angefertigt sind, die wahre Zeit und daher kommt eine Nichtübereinstimmung im Gange der Räderuhren und der Sonnenuhren. Wie gross die Differenz um Mittag ist, zeigt eine Tabelle, welche man gewöhnlich in den meisten Kalendern findet.

D. Electrische Uhren sind keine eigentlichen, d. h. keine selbständigen Uhren, sondern nur Zifferblätter, deren Zeiger durch ein anderes genau gehendes Uhrwerk in Bewegung gesetzt werden. Das betreffende Zifferblatt steht durch eine Drahtleitung, wie bei den electrischen Telegraphen, mit der Uhr in Verbindung. Nehmen wir nun an, dass die Axe des Zifferblattes ein Steigrad mit 60 Zähnen trägt und dass der durch den Leitungsdraht gehende electrische Strom von der Uhr am Ende jeder Minute geschlossen wird, so wird ein über dem Steigrade angebrachter Electromagnet am Ende jeder Minute seinen Anker anziehen, und dadurch kann an dem Steigrade derselbe Erfolg hervorgebracht werden, wie sonst bei einer Uhr durch die Hemmung. Der mit der Axe des Steigrades in Verbindung stehende Zeiger wird also von Minute zu Minute einen Sprung machen. Es leuchtet ein, dass man auf diese Weise durch eine einzige Normaluhr eine grosse Anzahl entfernter mit ihr übereinstimmend gehende Zifferblätter bedienen kann. Vergl. auch Art. Zeitkugel. Die electrischen Uhren sind wegen Bestimmung der geographischen Längendifferenz in neuester Zeit besonders wichtig geworden, indem man Sternwarten in Verbindung setzte. Steinheil in München hat zu den electrischen Uhren die erste Anregung gegeben. Wegen des Metronoms oder Tactmessers vergl. Art. Metronom.

Uhrpendel, s. Art. Uhr.

Ultraroth und Ultraviolett, s. Art. Spectrum.

Umdrehung oder Rotation, s. Art. Rotation.

Umkehrungsthermometer sind von Aimé angegebene Thermometer zur Ermittelung der höchsten und niedrigsten Temperatur bei Untersuchungen über die Temperatur in der Meerestiefe. Beide sind zum Theil mit Alkohol und Quecksilber gefüllt; an der Stelle, deren Temperatur ermittelt werden soll, werden die Instrumente durch einen Auslösungsapparat (s. Art. Bathometer) umgekehrt und dadurch kommt das Maximumthermometer in eine Lage, bei welcher oben durch eine feine umgebogene Spitze bei steigender Temperatur eine entsprechende Menge Quecksilber austritt und in einem weiteren Theile des Instrumentes aufgefangen wird, während bei dem Minimumthermometer das Austreten des Quecksilbers dann bei sinkender Temperatur geschieht.

Umlauf, s. Art. Revolution.

Umlaufszeit, s. Art. Bewegungslehre. IV. 8. c.

Umschattig, s. Art. Einschattig.

Umsetzung und Umsetzungsverhältniss, s. Art. Räderwerk. A. S. 309.

Umsteuerung ist die Einstellung des Steuerungsmechanismus bei Dampfmaschinen, so dass die Maschine eine entgegengesetzte Bewegung erhält, die Locomotive z. B. statt vorwärts nun rückwärts arbeitet. Vergl. Locomotive. S. 45.

Umwerfen, s. Art. Stabilität.

Undeutlichkeit, Halbmesser der, heisst der Halbmesser desjenigen Kreises, in welchem sich wegen der sphärischen oder chromatischen Abweichung bei sphärischen Spiegeln oder Linsengläsern die Strahlen vereinigen, die, wenn es keine Abweichung gäbe, sich in einem Punkte vereinigen würden.

Undulation bedeutet wellenartiges Schwingen.

Undulationshypothese oder Oscillations- oder Vibrationshypothese
Undulationssystem oder Oscillations- oder Vibrationssystem
Undulationstheorie oder Oscillations- oder Vibrationstheorie
} heisst die Hypothese oder das System oder die Theorie, welche oder welches man jetzt zur Erklärung der Lichterscheinungen annimmt, während man früher eine, die Emanationshypothese (s. d. Art.) genannte Vorstellungsart zu Grunde legte.

Huyghens hat die Undulationshypothese fast gleichzeitig mit der Newton'schen Emanationshypothese entwickelt, doch konnte sie lange Zeit nicht zur Geltung kommen. Euler war im 18. Jahrhunderte fast ihr einziger Vertheidiger. Im 19. Jahrhundert hat sie den Sieg entschieden davon getragen durch die Arbeiten Young's, Fresnel's, Cauchy's, Foucault's u. A.

Nach der Undulationshypothese ist der ganze Weltenraum und jeder Körper mit einem unendlich feinen elastischen Fluidum, dem Aether (s. d. Art.) angefüllt und das Wesen des Lichts besteht in einer schwingenden (undulirenden, oscillirenden oder vibrirenden) Bewegung dieses Aethers nach den Gesetzen der Wellenbewegung.

Das Leuchten besteht hiernach in einer Erregung der Aetherschwingungen, die sich dann bis zu unserem Auge fortpflanzen und durch die Stösse des bewegten in unserem Auge befindlichen Aethers auf die Netzhaut des Auges die Lichtempfindung hervorbringen.

Die Amplitude der Aetherschwingungen bedingt die Intensität des Lichtes, die dem Quadrate der Amplitude proportional ist.

Die Verschiedenheit der in der Secunde stattfindenden Schwingungszahl veranlasst die Verschiedenheit der Farben, so dass die langsamsten Schwingungen den Eindruck des rothen, schnellere die des grünen, die schnellsten die des violetten Lichtes erzeugen.

Die Ausbreitung des Lichtes folgt aus der sich auf immer grössere Kugelschalen ausbreitenden Wellenbewegung.

Die verschiedensten Lichtquellen erregen Wellen, die sich mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen. Nimmt der in einem Körper befindliche Aether an der Bewegung des Körpers nicht Theil, z. B. der in der Erde befindliche nicht an ihrer Bewegung, so bietet die Erklärung der Aberration des Lichtes (s. d. Art.) aus der Undulationshypothese keine Schwierigkeit.

Die Abnahme der Lichtintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle ist abhängig von der Stärke des Stosses im Auge. Die Stärke des Stosses wird nun gemessen durch die lebendige Kraft der Aethertheilchen, d. h. durch das Produkt aus der bewegten Masse und aus dem Quadrate der Geschwindigkeit der Aethertheilchen. Die Geschwindigkeit der bewegten Aethertheilchen ist aber — ebenso wie bei dem Schalle die Geschwindigkeit der bewegten Lufttheilchen — dem Abstande von der Erregungsquelle umgekehrt proportional.

Der Einfluss des Einfallswinkels, unter welchem das Licht eine beleuchtete Fläche trifft, auf die Beleuchtung ergiebt sich als eine nothwendige Folge der Undulationstheorie ohne Weiteres.

Das Reflexionsgesetz erklärt sich daraus, dass eine kugelförmige Welle, welche auf eine ebene Grenzfläche stösst, so in das Mittel, aus welchem sie kommt, zurückgeht, als ob sie von einem Mittelpunkte käme, der ebenso weit hinter dem Hindernisse liegt, wie der Mittelpunkt der anschlagenden vor demselben. Hierbei liegt die wohl berechtigte Annahme zu Grunde, dass die Dichtigkeit oder Elasticität des Aethers, oder beide in den verschiedenen Mitteln (Körpern) eine verschiedene ist, da die anziehenden Kräfte der Materie sich auch auf den Aether erstrecken werden.

Das Refractionsgesetz folgt daraus, dass an der Grenze

zweier Mittel eine ankommende Lichtwelle zum Theil in das erste Mittel zurückkehren und zum Theil in das zweite Mittel übergehen muss, sobald die Dichtigkeit oder Elasticität des Aethers im zweiten von derjenigen des ersten Mittels verschieden ist. Nehmen wir an, dass die Elasticität dieselbe sei und sich nur die Dichtigkeit anders verhalte, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes der Quadratwurzel aus der Dichte des Aethers in den verschiedenen Mitteln umgekehrt proportional, also in dem optisch dichteren Mittel kleiner als in dem optisch dünneren. Hieraus folgt namentlich, dass das Verhältniss der Sinus des Einfallswinkels und Brechungswinkels für je zwei Mittel ein constantes ist. Nach der Emanationstheorie muss die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem dichteren Mittel grösser als in dem dünneren, also gerade umgekehrt wie bei der Undulationstheorie, sein. Das Experiment (s. Art. Licht. B. 6) hat zu Gunsten der letzteren Theorie entschieden. Zur näheren Beleuchtung sei an eine Analogie erinnert. Ein in Linie aufgestelltes Cavallerieregiment trabe auf einem harten Boden, der an gepflügtes Land stösst, und die Grenzlinie des gepflügten und ungepflügten Landes sei der Linie des Regiments nicht parallel. Die Linie des Regiments erleidet dann an der Grenzlinie eine Brechung, ähnlich wie das Licht bei der Brechung, da die Pferde auf dem gepflügten Lande langsamer fortschreiten als auf dem ungepflügten.

Die Dispersion oder Farbenzerstreuung beruht darauf, dass die Wellen derjenigen Strahlen, welchen eine grössere Schwingungsgeschwindigkeit zukommt, bei dem Eintritte in ein brechendes Mittel in einem stärkeren Verhältnisse verkürzt werden.

Die doppelte Strahlenbrechung findet darin ihre Erklärung, dass in den Krystallen des nicht regulären Systems der Aether nach verschiedenen Richtungen eine ungleiche Dichtigkeit besitzen wird, ebenso wie die auf die Lagerung der Theilchen bei der Krystallbildung einwirkenden Kräfte nicht nach allen Axen mit gleicher Stärke eingewirkt haben können. Warum dabei der einfallende physische Strahl in zwei gespalten wird, ersieht man aber aus der Polarisation des Lichts.

Die Polarisation ist für die Undulationstheorie besonders wichtig geworden, indem sie Aufschluss über die Art der schwingenden Bewegung des Aethers gegeben hat. Die Aetherschwingungen können in der Richtung der Fortpflanzung, oder senkrecht auf dieselbe, oder unter irgend einem Winkel gegen dieselbe geneigt sein. Erfolgten die Schwingungen in der Richtung der Fortpflanzung, so lässt sich die bei der Polarisation sich herausstellende Seitlichkeit gar nicht begreifen; folglich bleiben nur die beiden anderen denkbaren Fälle übrig. Denken wir an eine Wellenbewegung, wie bei den Seilwellen, so leuchtet ein, dass sich solche Schwingungen beim Auftreffen auf ein Hinderniss am leichtesten

fortpflanzen werden, wenn sie in derselben Richtung bleiben können, am unvollkommensten aber, wenn sie gezwungen werden, eine gegen die ursprüngliche Richtung senkrechte einzuschlagen. Es liegt also nahe, bei dem Lichte eine eben solche Schwingungsart anzunehmen. Wir betrachten also polarisirtes Licht als solches, bei welchem die Aetherschwingungen in einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung vor sich gehen. Um dies noch näher zu veranschaulichen, wählen wir folgende Analogie. Man denke sich Nadeln in ein Sieb geschüttet, in dessen Boden lauter parallele Schlitze sich befinden, durch welche die Nadeln hindurchfallen können. Hier werden alle hindurchfallenden Nadeln parallel sein. Fängt man sie in einem zweiten ganz ähnlichen Siebe auf, so werden bei gleicher Lage desselben die Nadeln auch durch dieses hindurchfallen; dreht man hingegen das untere Sieb in seiner Ebene um 90 Grad, so werden alle Nadeln liegen bleiben. Fielen die Nadeln in lothrechter Richtung mit ihrer Längsaxe herab, so würde eine Drehung der Siebe in ihren Ebenen keinen Unterschied hervorbringen. Die Nadeln stellen hier die Lichtschwingungen vor, die Schlitze in den Sieben die Reflexionsebenen. — Einen natürlichen Lichtstrahl kann man nun ansehen als einen solchen, bei welchem die Aetherschwingungen nicht immer in derselben Ebene bleiben, sondern in allen möglichen Neigungen gegen die Fortpflanzungsrichtung vollzogen werden. Da jedoch die doppelte Strahlenbrechung zeigt, dass ein natürlicher Lichtstrahl sich in zwei spaltet, welche entgegengesetzt polarisirt sind, deren Schwingungsebenen also zu einander senkrecht liegen, so wird auch ein natürlicher Lichtstrahl als eine Combination aus zwei auf einander senkrecht polarisirten Strahlen aufgefasst werden können, die nur fortwährend ihre Neigung zur Fortpflanzungsrichtung ändern. Bei der doppelten Brechung würde jeder der beiden Strahlen seinen eigenen Weg verfolgen, je nachdem die Lage seiner Schwingungsebene zum Hauptschnitte ist. Den gewöhnlich polarisirten Strahl, bei welchem die Schwingungen in einer Ebene erfolgen, nennt man einen linear polarisirten. Einen circularpolarisirten Lichtstrahl kann man auf zwei lineare rechtwinkelig zu einander polarisirte Strahlen von gleicher Wellenlänge zurückführen, von denen der eine dem andern um $^1/_4$ Wellenlänge vorausgeeilt ist. Die Drehung nach Rechts oder Links hängt dann davon ab, welcher der beiden Strahlen vorauseilt. Das Aethertheilchen beschreibt hierbei eine rechts oder links laufende Schraubenlinie auf einem im Querschnitte kreisförmigen Cylinder. In ähnlicher Weise resultiren die übrigen Polarisationsarten; ein elliptisch polarisirter Strahl z. B. entsteht, wenn der Gangunterschied zweier linearen, rechtwinkelig zu einander polarisirten Strahlen von gleicher Wellenlänge weniger als $^1/_4$ Wellenlänge beträgt, wo dann das Aethertheilchen eine Schraubenlinie auf einem im Querschnitte elliptischen Cylinder durchläuft. Bei ungleichen Wellenlängen ergeben sich ebenso die anderen Formen, welche



mathematisch ableitbar sind und die hinterher das Experiment bestätigt hat.

Die Beugung (Inflexion), ebenso wie die Interferenz des Lichtes ergeben sich ungezwungen aus der Wellenbewegung. Die Interferenz muss eintreten, wenn zusammentreffende Aetherwellen sich um eine ungerade Zahl halber Wellenlängen unterscheiden, weil dann Aetherverdichtungen mit Aetherverdünnungen zusammentreffen und sich ausgleichen. Die Beugung geht daraus hervor, dass die einzelnen Stellen des Randes, an welchem die Beugung eintritt, Ausgangspunkte neuer Wellensysteme werden. Kann man doch sogar behaupten, dass bei der Schwingungsbewegung des Lichtäthers senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung die Bewegung jedes einzelnen Aethertheilchens die umgebenden ebenfalls zur Bewegung anregt.

Auch die Erklärung der Farben dünner Blättchen folgt ungezwungen aus der Undulationshypothese, wenn man noch die Annahme macht, dass da, wo die Aetherschwingungen an der Grenze der Zwischenschicht eine Umkehrung ihrer Richtung erleiden, eine Verzögerung um eine halbe Wellenlänge eintritt, eine Annahme, die sich durch die Analogie mit dem Zurückprallen einer kleinen Elfenbeinkugel beim Anstosse an eine grössere rechtfertigen lässt.

Wegen der noch nicht vollständig erkannten Ursache der Fluorescenz s. Art Fluorescenz, ebenso wegen der Grösse der Wellenlängen und der in einer Secunde stattfindenden Oscillationen Art. Lichtwelle.

Undurchdringlichkeit ist eine der beiden wesentlichen Eigenschaften der Körper und bedeutet, dass an der Stelle, an welcher sich ein Körper befindet, zu gleicher Zeit kein anderer sein kann. Die andere wesentliche Eigenschaft ist die Ausdehnung (s. d. Art.). Die Undurchdringlichkeit der Körper beruht auf ihrem materiellen Inhalte, weshalb diese Eigenschaft auch dem mathematischen Körper abgeht. Die Wahrnehmbarkeit der physischen Körper durch den Tastsinn ist eine Folge ihrer Undurchdringlichkeit. Dass feste Körper undurchdringlich sind, bedarf keines Beleges; ebenso ist dasselbe von tropfbarflüssigen Körpern leicht nachweisbar, z. B. durch das Steigen einer Flüssigkeit in einem nicht vollen Gefässe, wenn man noch andere Körper in dasselbe bringt; für luftförmige Stoffe wäre daran zu erinnern, dass der Wind die Segel schwellt, dass die Taucherglocke auf dieser Eigenschaft der Luft beruht etc. Scheinbare Widersprüche erledigen sich gewöhnlich durch eine Verwechselung von Durchdringen und Eindringen.

Undurchsichtig, s. Art. durchsichtig.

Ungewitter, s. Art. Gewitter.

Unipolare Induction, s. Art. Induction. F. S. 493.

Unipolare Leiter, hat Erman in den Flammen zu finden gemeint. Vergl. Art. Leiter der Electricität.

Unitarier nennt man die Anhänger der Franklin'schen Ansicht über das Wesen der Electricität im Gegensatze zu den Dualisten. Vergl. Reibungselectricität im Art. Electricität. S. 258.

Unitarismus bezeichnet die Franklin'sche Ansicht über das Wesen der Electricität. S. vorigen Artikel.

Universalinstrument nennt man einen Theodoliten (s. d. Art.), an welchem sowohl der Horizontalkreis, als auch der Verticalkreis doppelt ist, d. h. aus zwei concentrischen Kreisen besteht, um die Horizontal- und Verticalwinkel multipliciren zu können. Vergl. Art. Multiplicationskreis.

Universalthermometer hat man das Luftpyrometer (s. Art. Pyrometer) von Pouillet genannt, weil man mit demselben nicht blos Hitzegrade, sondern auch sehr niedrige Temperaturen — bis — 80° C. — messen kann, indem man das Volumen der Luft bestimmt, auf welches sich die eingeschlossene Luftmenge zusammenzieht. Es soll dies Pyrometer die niedrigen Temperaturen sogar genauer als die hohen messen.

Universal-Vibrations-Photometer heisst ein von Schafhäutl (1837. Vergl. Abbildung und Beschreibung des Universal-Vibrations-Photometers. München 1854) angegebenes und ausgeführtes Photometer (s. d. Art.), durch welches die Dauer eines Lichteindrucks auf die Retina so genau als möglich gemessen werden soll. Das Instrument misst den absoluten Glanz eines Gegenstandes. Nun ist die scheinbare Helligkeit eines Gegenstandes nach Herschel der Quotient der absoluten Helligkeit dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung vom Auge; die absolute Helligkeit eines Gegenstandes aber ist gleich dem Produkte aus dem absoluten Glanze und der Fläche des Gegenstandes. Folglich hat man in dem Masse des absoluten Glanzes zweier leuchtenden Objecte die Data zur Vergleichung ihrer scheinbaren Helligkeit. Das Princip des Instrumentes läuft darauf hinaus, ein Pendel zu construiren, dessen Schwingungen die Zeit angeben, während dessen Linse den zu messenden Lichteindruck im Auge erregt. Als Pendel dient eine Stahlfeder, die an ihrem unteren Ende befestigt ist, und statt der Linse trägt diese an ihrem oberen Ende einen rechteckigen Schirm aus dünnem, geschwärztem Kupferbleche, der in der Mitte von einer rechteckigen Oeffnung von bekannter Grösse durchbrochen ist. Die Feder kann beliebig verkürzt werden, um innerhalb einer gewissen Grenze jede mögliche Anzahl von Schwingungen hervorzubringen. Es kommt nun darauf an, die Länge der Feder soweit zu verkürzen, bis zwischen zwei auf einander folgenden Lichteindrücken durch das Loch des Schirmes kein dunkles Intervall auftritt. Dann ist die Dauer einer Federschwingung der Dauer des Lichteindrucks gleich.

Universalwaage, die, von Leupold 1726 angegeben, besteht aus einem parallelopipedischen Stabe von Holz, Eisen oder Messing, der von

seinem Mittelpunkte aus in gleiche Theile getheilt ist. Ein Stativ träg die Pfannen, auf welchen die in der Mitte angebrachten Zapfen ruhe Scheere und Zunge fehlen und das Ganze ist nichts Anderes als ein zwe armiger Hebel mit gleichen Armen. Die Waageschalen können an b liebigen Stellen mittelst verschiebbarer Rahmen angehängt werden u so lässt sich das Gewicht nach den Gesetzen des Hebels berechne Man macht wohl auch die Welle verstellbar und kann so die Gesetze d Hebels prüfen. Zu genauen Abwägungen ist die Vorrichtung nicht g eignet und sie hat nur wegen der experimentellen Prüfung der Hebelg setze ein physikalisches Interesse.

Unruhe heisst an Räderuhren, bei denen man kein Pendel anbri gen kann, also z. B. bei Taschenuhren und Schiffsuhren, das an ein feinen Feder befestigte Schwungrad, durch dessen Schwingungen d Hemmung bedient wird. Vergl. Art. *Uhr*. C., überdies *Compens tionsunruhe*.

Unschattig, s. Art. *Einschattig*.

Untastbar, der Gegensatz von tastbar (s. Art. *Undurchdrin lichkeit*). Die sogenannten Imponderabilien (s. d. Art.) würden d Tastbarkeit entbehren, wie alles Unmaterielle, weshalb auch die phy schen durch Hohlspiegel oder Convexgläser erzeugten Bilder unta bar sind.

Untergang und **Aufgang** der Gestirne nennt man das Verschwi den derselben unter dem Horizonte (auf der Westseite) und das Ersch nen derselben über dem Horizonte (auf der Ostseite) in Bezug auf ein bestimmten Standort des Beobachters. Liegt der Standort im Erdäqu tor, so gehen sämmtliche Gestirne auf und unter, aber in den Erdpol giebt es gar keinen Auf- und Untergang der Sterne, da sie sich dem H rizonte parallel bewegen. Die Strahlenbrechung (s. d. Art.) beschleuni den Aufgang und verzögert den Untergang. Geht ein Stern mit Sonne aufgang auf oder unter, so nennt man dies den *kosmischen* Auf- u Untergang. Geht ein Stern noch so weit vor der Sonne auf, dass er der ersten schwachen Morgendämmerung erblickt werden kann, oder ge er gleich nach Sonnenuntergang unter, so dass er nur noch kurze Zeit der Abenddämmerung zu sehen war, so ist jenes der *heliakische* A und dies der *heliakische* Untergang. Geht ein Stern bei Sonnenunte gang auf oder unter, so ist dies der *akronyktische* Auf- und Untergan Man bezeichnet diese Auf- und Untergänge auch wohl als die *poet schen*, weil die griechischen und römischen Dichter häufig davon G brauch machten.

Unterstrom heisst in der Luft oder in einem Gewässer eine Str mung, welche eine andere Richtung als eine höher gehende Strömun die man dann den *Oberstrom* nennt, verfolgt. Man beobachtet solch Strömungen häufig in der Atmosphäre an den in verschiedenen Höhe befindlichen Wolkenschichten, indem diese nach verschiedenen Richtunge

ziehen. Der von dem Aequator in den höheren Regionen auf der nördlichen Halbkugel aus Südwest und auf der südlichen Halbkugel aus Nordwest zurückkehrende Passat ist in Bezug auf den unten wehenden Nordost- und Südostpassat ein Oberstrom. Ueber die Ober- und Unterströme der Luft in den Gegenden veränderlicher Winde fehlt es noch fast gänzlich an Beobachtungen. Bertrand de Doue hat eine Beobachtungsreihe am Puy im Velay geliefert aus den Jahren 1849 und 1850. Die Eigenthümlichkeiten des Beobachtungsortes werden jedenfalls dabei sich geltend machen.

Wegen der Unter- und Oberströme im Meere ist Art. Meeresstrom zu vergleichen, und es sei an dieser Stelle nur bemerkt, dass, wenn das Meer die Erdfeste gleichmässig bedecken würde, allenthalben an der Oberfläche eine Strömung, also ein Oberstrom, von den warmen Gegenden des Aequators nach den kalten höheren Breiten fliessen und überall in der Tiefe ein entgegengesetzt gerichteter Strom, also ein Unterstrom, auftreten müsste.

Untiefe nennt man eine seichte Stelle in einem Gewässer. Die Erhöhung, welche im Meere eine Untiefe erzeugt, wird eine Bank genannt und Sandbank, wenn dieselbe eine sandige Decke besitzt. In physikalischer Beziehung ist merkwürdig, dass über Untiefen im Meere gewöhnlich eine niedrigere Temperatur als in der Umgebung herrscht, so dass das Thermometer die Stelle des Senkbleis vertreten kann. Schon Franklin hat hierauf aufmerksam gemacht; I. Williams empfahl zuerst den Seeleuten die Thermometerbeobachtungen zur Sondirung und A. v. Humboldt hat sich bei der Bank, die sich von Tabago nach Granada zieht, von der Richtigkeit überzeugt. Diese auffallende Erscheinung ist jedenfalls die Wirkung eines über die Untiefe nach oben gedrängten kalten Unterstromes, weshalb auch an einem flachen Strande ein Gleiches nicht beobachtet wird. Fehlt der kalte Unterstrom, so zeigt sich auch über den Untiefen des Meeres keine Temperaturerniedrigung, z. B. in der Nähe der Marquesas-Inseln.

Unverbrennliche Stoffe würden die sein, welche auch beim Erhitzen in der Luft sich nicht oxydiren. Unverbrennliche Kleider macht man aus Asbestgeweben. In neuester Zeit hat man viele Versuche angestellt, um auf chemischem Wege leicht entzündbare Stoffe nicht unverbrennlich, wohl aber schwerer entzündlich zu machen.

Unwägbar, s. Art. Imponderabilien.

Unwetter nennt man sehr stürmisches und regnichtes Wetter.

Uranglas oder Annaglas oder Kanarienglas ist ein uranhaltiges gelbes böhmisches Glas, welches im durchgelassenen Lichte eine blassgelbe Farbe zeigt. Es ist dies Glas in neuerer Zeit wegen seiner fluorescirenden Kraft besonders interessant geworden, worüber Art. Fluorescenz des Lichtes das Nähere enthält.

Uranus, s. Art. Planeten.

Urkraft oder Fundamentalkraft oder Grundkraft bezeichnet die letzte Ursache einer Naturerscheinung. Vergl. Art. Fundamentalerscheinungen. Die Dynamiker nehmen an, dass die Materie nicht an und für sich und durch sich selbst existirt, den Raum erfüllt, sich bewegt und Veränderungen zeigt, sondern dass ihr Urkräfte zum Grunde liegen, durch welche sie selbst erst Existenz erhält, wirkt und sich verändert.

Urnebel nennt man die elastisch-flüssige Masse, aus welcher nach der Kant-Laplace'schen Kosmogenie das Sonnensystem entstanden sein soll.

Urstoffe oder Grundstoffe nennt man die einfachen oder unzerlegbaren Stoffe. Vergl. Art. Elemente.

Utricularzustand nennt Brame den kugelförmigen oder bläschenförmigen Zustand, in welchem sich nach seiner Ansicht der anfänglich mehr oder weniger flüssige Niederschlag befinden soll, den man bei der Condensation des Dampfes von Schwefel, Phosphor, Selen, Jod und Campher erhält.

V.

Vacuum Torricellianum, s. Art. Leere, Torricellische. — Als Vacuum bezeichnet man indessen schon den nur luftverdünnten Raum, welchen man bei den Luftpumpen herstellt, und ebenso den durch andere Mittel, z. B. durch Abkühlung und dadurch herbeigeführte Condensation von Dämpfen, entstandenen. — In der Zuckersiederei bedient man sich sogenannter Vacuumpfannen, um die Zuckerauflösung bei möglichst niedriger Temperatur einzukochen; vergl. Sieden.

Vaporimeter heisst ein von Geissler in Bonn construirtes Instrument zur Bestimmung des Weingeistgehaltes in irgend einer gegohrenen Flüssigkeit.

Vaporisationswärme oder Verdunstungswärme (s. d. Art.).

Variationen nennt man Veränderungen im Gange einer Naturerscheinung, welche an eine gewisse Periode gebunden sind (vergl. Art. Periodisch und Periode), im Gegensatze zu den Perturbationen (s. d. Art.), worunter man unregelmässige Schwankungen oder Störungen bei einem sonst regelmässig verlaufenden Phänomene versteht. Umfasst die Periode Jahrhunderte, so nennt man die Variation eine säculare; die auf ein Jahr beschränkte eine jährliche und die den Zeitraum eines



Tages nicht überschreitende eine tägliche. Man kennt solche Variationen im Gange der meteorologischen Instrumente, namentlich aber im Verlaufe des Erdmagnetismus, worüber Art. Magnetismus der Erde, Declination der Magnetnadel und Neigung der Magnetnadel das Wesentliche enthalten.

Variations-Compass oder Peil-Compass, s. Art. Compass.

Ventil nennt man den Verschluss einer Oeffnung mittelst eines Körpers, welcher mit mehr oder weniger Kraft angedrückt wird, bei stärker werdendem entgegengesetzt gerichteten Drucke aber weicht und dann bei nachlassendem Gegendrucke selbst wieder schliesst. Die Verwendung der Ventile ist eine sehr mannigfache. An der Ventilluftpumpe befindet sich ein Saug- und Kolbenventil, über welche Art. Luftpumpe. A. das Nähere enthält; an dem Dampfkessel, an der Dampfkugel, an dem Digestor ist ein Sicherheitsventil, über welches Art. Sicherheitsventil Auskunft giebt; wegen der Kronen- oder Doppel- oder Glockenventile als Sicherheitsventile s. d. Art. Kronenventil; an der Rückwand des Ofens bei der Dampfheizung (s. d. Art.), desgleichen bei Niederdruckkesseln mit sehr schwachen Wänden ist ein, gewöhnlich Luftventil genanntes, inneres Sicherheitsventil, welches sich nach innen öffnet, sobald bei eintretender Abkühlung der innere Druck schwächer wird als der äussere Luftdruck, so dass durch Eintreten der äusseren Luft ein möglicher Weise sonst eintretendes Zusammendrücken verhütet wird; an den Pumpen (s. d. Art.) findet man Saugventil und Kolbenventil oder Saugventil und Steigventil; ebenso an den Spritzen (s. d. Art.); ferner sind Ventile bei dem Blasebalge und vielen anderen Gebläsen (s. diese Art.); an den Dampfkesseln bringt man häufig Probirventile statt der Probirhähne an, die durch eine Druckschraube angedrückt oder nachgelassen werden können und aus einer zwischen Ventil und Schraube befindlichen, nach unten sich öffnenden Kammer beim Nachlassen des Druckes — je nach dem Stande des Wassers im Kessel — Wasser oder Dampf geben; etc.

Ventilation bedeutet den Luftwechsel in abgeschlossenen Räumen, namentlich die Fortführung verdorbener und die Zuführung frischer Luft in menschlichen Wohnungen. Hierbei hat man natürliche und künstliche Ventilation zu unterscheiden. Die natürliche Ventilation erfolgt durch die Spalten und Lücken in den Fenstern und Thüren, ebenso durch die Poren der Wände und wird durch die Temperaturdifferenz im Innern und Aeussern, ferner durch äussere Luftströme (Winde) befördert. Die künstliche Ventilation erzielt man durch besondere Einrichtungen. Die dabei benutzten Apparate nennt man vorzugsweise Ventilatoren, über welche der folgende Artikel das Wesentlichste enthält. In neuester Zeit hat namentlich Pettenkofer sich mit der Ventilationsfrage beschäftigt

und verweisen wir daher namentlich auf dessen Schrift: Luftwechsel in Wohngebäuden.

Ventilator ist ein Apparat, um aus einem abgeschlossenen Raume verdorbene Luft fort- und frische Luft in denselben einzuführen. Es gehört z. B. hierher der häufig in Fenstern von Wohnzimmern angebrachte Radventilator (s. d. A.), der sich darauf gründet, dass warme Luft als leichtere aufsteigt und also unten Luft einströmen muss, wenn dieser aufsteigenden Luft Gelegenheit zum Entweichen gegeben wird. — Statt dieser nur schwach wirkenden Radventilatoren hat man besondere Röhren in Vorschlag gebracht, von denen die eine, welche die verdorbene Luft oben abführt, Saugventilator, die andere, welche unten frische Luft zuführt, Druckventilator genannt wird. — Diese beiden Einrichtungen befördern eigentlich nur die natürliche Ventilation; man hat indessen, wo die Lufterneuerung in stärkerem Masse wünschenswerth ist, besondere Maschinen construirt, die im Wesentlichen darauf hinauslaufen, entweder frische Luft in den unteren Theil des Raumes einzupressen, oder durch ein Rohr an der Decke die abzuführende Luft fortzusaugen. Diese künstlichen Ventilationsmittel sind im Allgemeinen wie Gebläse (s. d. Art.) eingerichtet und das sogenannte Centrifugalgebläse, welches in diesen Fällen am häufigsten Verwendung findet, führt sogar gewöhnlich geradezu den Namen Ventilator (vergl. wegen der Einrichtung Art. Gebläse). Wird das Centrifugalgebläse zum Abführen der Luft gebraucht, so nennt man es gewöhnlich Exhaustor (Aussauger). — Unangenehm und schwerlich zu beseitigen ist bei allen Ventilationsversuchen ein Luftzug, welcher den in dem zu ventilirenden Raume befindlichen Personen lästig wird. Beim Einpressen der Luft lässt sich dieser Zug noch eher minder beschwerlich einrichten, als beim Aussaugen, da man die Zuführungsöffnung passend wählen kann. Am besten soll der van Hecke'sche Flügel als Ventilator wirken. Derselbe ist nach Art der Dampfschiffsschraube construirt.

Soll die Luft in einem Raume, in welchem sich Menschen aufhalten, stets gut bleiben, so muss das 200fache Volumen der ausgeathmeten Luft fortwährend als frische Luft zugeführt werden. Wenn nun ein Mensch in der Stunde 300 Liter Luft in einem Zimmer ausathmet, so sind in derselben Zeit 60000 Liter oder 60 Cubikmeter frischer Luft zuzuführen.

Ventilheber zum Füllen des Hebers ohne Saugen, s. Art. Heber. S. 439.

Ventilluftpumpe, s. Art. Luftpumpe. A.

Venus, s. Art. Planeten. Das Zeichen der Venus ♀ ist auch das Zeichen des Kupfers, weil die Insel Cypern der Venus geheiligt war, und Kupfer seinen Namen von dieser Insel erhalten hat.

Vera'sche Seilmaschine, s. Art. Seilmaschine.

Verbindung, chemische, ist eine Vereinigung ungleichartiger

Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen. — Ein Gemisch ist eine chemische Verbindung, nicht aber ein Gemeng (s. d. Art.).

Verbleiung, galvanoplastische, geschieht mittelst einer Auflösung von Bleioxyd in Aetzkali. Vergl. Art. Galvanoplastik.

Verbrennung nennt man gewöhnlich jede unter Licht- und Wärmeentwickelung eintretende chemische Verbindung. Bei dem Verbrennen in der atmosphärischen Luft ist es der atmosphärische Sauerstoff, mit welchem die brennenden Körper eine Verbindung eingehen, und unter einem brennbaren Körper versteht man geradezu für gewöhnlich einen solchen, der diesen Process mit dem atmosphärischen Sauerstoffe eingeht: aber Sauerstoff ist nicht der einzige Verbrennungsunterhalter (Combustor). sondern Fluor, Chlor, Brom, Jod, Schwefel, Selen, Tellur und Phosphor gehören ebenfalls dazu. — Da der Verbrennungsprocess ein rein chemischer ist, so müssen wir uns plangemäss hier mit dieser kurzen Notiz begnügen, nur verweisen wir noch auf Art. Flamme wegen einiger beim Verbrennen auftretenden Nebenerscheinungen.

Verdampfung und Verdunstung werden von manchen Seiten als gleichbedeutend gebraucht; von anderen versteht man unter Verdampfung Dampfbildung im Innern einer Flüssigkeit, während Verdunstung nur die an der Oberfläche erfolgende bezeichnen soll; von noch anderen wird unter Verdampfung die Dampfbildung unter Anwendung von Wärme und unter Verdunstung die bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft eintretende verstanden. Vergl. wegen des Näheren die Artikel Dampf und Dampfbildung und wegen der Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre Art. Hygrometrie und Verdunstungskälte.

Verdichten oder Condensiren.
Verdichtung oder Condensation. } Verdichtung bedeutet überhaupt das Zurückführen einer Masse auf ein kleineres Volumen. Geschieht dies ohne Aggregatsänderung durch Zusammenpressen, so nennt man es gewöhnlich eine Compression; tritt aber eine Aggregatsänderung und zwar der Uebergang eines luftförmigflüssigen Körpers in den tropfbarflüssigen Zustand ein, so bezeichnet man es als eine Liquefaction oder auch als Condensation, wiewohl Condensation auch sonst für Verdichtung gebraucht wird, z. B. bei der Electricität. Vergl. Art. Condensation und Condensator. Eine sehr kräftige Liquefactionsmaschine ist der Natterer'sche Apparat (s. d. Art). Wegen der bisher in den tropfbarflüssigen Zustand übergeführten Gase vergl. Art. Dampf. S. 175 und Gas.

Verdichtungspumpe oder Compressions- oder Condensationspumpe, s. Art. Compressionsmaschine.

Verdoppler oder Duplicator der Electricität (s. d. Art.).

Verdünnen heisst überhaupt eine Masse auf ein grösseres Volumen bringen. Verdünnung der Luft geschieht mittelst der Luftpumpe (s. d.

Art.) durch unmittelbare Erweiterung des Raumes; in anderen Fällen durch Verminderung des Luftdruckes. Auflösungen verdünnt man durch einen Zusatz des Lösungsmittels.

Verdunkelung des Gesichts durch Staar, s. Art. Staar.

Verdunstung, s. Art. Verdampfung.

Verdunstungskälte nennt man die Temperatur, welche ein Thermometer zeigt, dessen Kugel mit Mousselin umgeben und mit Wasser benetzt ist. Der Unterschied zwischen dieser Temperatur und derjenigen, welche gleichzeitig ein genau übereinstimmendes trockenes Thermometer zeigt, ist das Mass für die Verdunstungskälte. Aus der Verdunstungskälte lässt sich die Temperatur des Thaupunktes und daraus der Feuchtigkeitsgehalt der Luft berechnen. Näheres hierüber enthält Art. Hygrometer in dem Abschnitte 3, welcher von dem Psychrometer handelt. Wir fügen hier nur noch hinzu, dass nach Th. Tate's neueren Untersuchungen die durch Verdunstung bei constantem Drucke bewirkte Abkühlung dem Produkte aus der Tension des Dampfes in die latente Wärme desselben — beide für die gegebene Temperatur genommen — proportional ist. Ebenso ist die bei der Absorption von Dämpfen durch trockne Substanzen entbundene Wärme der Spannung der Dämpfe proportional und desgleichen die Menge von Wasserdampf, welche in einer gegebenen Zeit von concentrirter Schwefelsäure oder trocknen wollenen Stoffen aufgenommen wird. Bei dem Verdunsten in trokener Luft bei constanter Temperatur ist die Menge des diffundirten Dampfes in den verschiedenen Luftschichten der Dampfspannung direct und der Entfernung von der dampfbildenden Oberfläche umgekehrt proportional. Für ein gegebenes Volumen von trockner Luft ist die Zeit, in welcher sich dieselbe mit Dampf sättigt, nahezu unabhängig von der Temperatur, wenn die Flüssigkeit im Ueberschuss vorhanden ist. Für verschiedene Luftvolumina verhalten sich die Zeiten annähernd wie die Volumina.

Verdunstungsmesser, s. Art. Atmometer.

Verdunstungs- oder Vaporisationswärme nennt man die Wärmemenge, welche ein Körper bindet, um ohne Temperaturveränderung aus dem tropfbarflüssigen Zustande in den luftförmigen überzugehen. Das Nähere enthält Art. Gebundene Wärme; vergl. überdies Art. Dampfbildung. S. 183.

Vereinigungsweite heisst der Abstand eines Punktes, in welchem Lichtstrahlen vereinigt sind oder sich scheinbar vereinigen, von einem Linsenglase oder einem Spiegel. Vergl. Art. Linsenglas. B. und Spiegel. B.

Verfinsterungen, s. Art. Mondfinsterniss und Sonnenfinsterniss; wegen der Verfinsterung an Jupiterstrabanten vergl. Art. Licht. b. S. 23.

Verflüchtigen } bezeichnet das Ueberführen eines tropfbarflüssi-
Vergasen } gen Körpers in den luftförmigen Zustand. Man unterscheidet leichter und schwerer zu verflüchtigende Körper; vergl. deshalb Art. Sieden und Dampfbildung.

Verglühen oder Vorbrennen heisst das Brennen oder Glühen der getrockneten Porcellanmassen, welche dann noch glasirt werden sollen. Es geschieht dies in dem oberen, weniger heissen Theile des Porcellanofens.

Vergoldung, galvanoplastische, geschieht durch gesättigtes goldsaures Ammoniak; vergl. Art. Galvanoplastik. S. 373.

Vergrösserung durch Fernröhre, s. Art. Fernrohr. S. 319; durch die Loupe, s. Art. Loupe. S. 50; durch das Mikroskop, s. Art. Mikroskop. 2. a. S. 127; ausserdem vergl. Art. Linsenglas. E. S. 39.

Vergrösserungsglas für kleine, nahe Gegenstände, s. Art. Loupe und Mikroskop; für entfernte Gegenstände s. Art. Fernrohr.

Verhältniss, statisches, nennt man das Verhältniss, in welchem Kraft und Last an einer Maschine stehen müssen, sobald Gleichgewicht stattfinden soll.

Verhältnisszahl, chemische, s. Art. Aequivalent, chemisches.

Verknistern oder ab- oder zerknistern, s. Art. Decrepitiren.

Verkupfern, galvanoplastisches, geschieht mittelst Kupfervitriollösung; vergl. Art. Galvanoplastik.

Verlust an Arbeit, s. Art. Stoss. D.; Gewichtsverlust der Körper, die in eine Flüssigkeit ganz oder theilweis eingetaucht sind, s. Art. Hydrostatik. E. S. 474.

Vermuthung, s. Art. Hypothese.

Vernier, das, s. Art. Nonius.

Verplatiniren, d. h. ein Metall mit einem Ueberzuge von Platin versehen, s. Art. Platiniren.

Verprasseln oder Verknistern, s. Art. Decrepitiren.

Verpuffen und Verpuffung, s. Art. Detonation.

Verquickung oder Amalgamirung oder Amalgamation (s. d. Art.).

Verschluckung oder Einsaugung oder Absorption } s. Art.
Verschluckungs- oder Absorptionsvermögen } Absorption und in Betreff der Absorption der Wärme s. Art. Wärme, strahlende.

Versilberung, galvanoplastische, geschieht mittelst neutraler salpetersaurer Silberoxydlösung; vergl. Art. Galvanoplastik. — In neuerer Zeit ist es geglückt, Glasspiegel anstatt durch Belegung mit Zinnamalgam durch Versilberung herzustellen. Den ersten Anstoss

hierzu hat wohl Drayton gegeben; darauf hat sich auch v. Liebig damit beschäftigt; am zweckmässigsten scheint aber das Verfahren Martin's zu sein. Wegen des Näheren müssen wir hier auf Dingler's polytech. Journal Bd. 169. S. 143 verweisen und bemerken nur, dass derselbe zur Abscheidung des Silbers aus alkalischer Lösung Rohrzucker, welcher durch Kochen mit Salpetersäure in sogenannten Invertzucker umgewandelt ist, verwendet.

Verstärkungsflasche oder Ladungsflasche oder electrische oder Kleist'sche oder Leydener Flasche, s. Art. Flasche, electrische.

Versuch oder Experiment (s. d. Art.). Mit besonderen Namen bezeichnete Versuche sind in den näher bezeichnenden Artikeln nachzusehen, z. B. der Clement'sche Versuch im Art. Hachette's oder Clement's Versuch; der Leidenfrost'sche Versuch im Art. Leidenfrostsches Phänomen; der Torricelli'sche Versuch im Art. Torricellischer Versuch und Barometer S. 70; ebenso s. Art. Scheinerscher Versuch, Pictet'scher Versuch etc.

Vertheilung der Electricität, s. Art. Electricität. S. 259; des Magnetismus s. Art. Magnetismus. I. d. S. 75.

Vertical oder scheitelrecht oder lothrecht (s. d. Art.).

Verticalkreis, s. Art. Scheitelkreis.

Verticallinie, s. Art. Scheitellinie.

Verticalprojection, s. Art. Horizontalprojection und Projection.

Vervielfältigungskreis, s. Art. Multiplicationskreis.

Verwittern oder Fatisciren bezeichnet das Zerfallen fester Körper beim Liegen an der Luft durch Verlust an Krystallisationswasser, z. B. bei schwefelsaurem Natron, oder in Folge chemischer Veränderungen namentlich durch die Einwirkung der Feuchtigkeit, oder des Sauerstoffs oder der Kohlensäure in der Luft, z. B. Feldspath durch die Feuchtigkeit und Kohlensäure, Strahlkies durch die Feuchtigkeit und Sauerstoff. Dies Verwittern der an der Erdoberfläche liegenden Mineralien ist für die Ernährung der Pflanzen von der grössten Wichtigkeit.

Verzinken, d. h. mit einem Ueberzuge von Zink versehen, geschieht namentlich bei Eisen, welches dann galvanisirtes Eisen (s. d. Art.) genannt wird. Es genügt das gut gereinigte Eisen in geschmolzenes Zink einzutauchen. Auf galvanischem Wege (s. Art. Galvanoplastik) verzinkt man mittelst einer gesättigten Lösung von Zinkvitriol, die mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert ist, oder mittelst einer Lösung von 10 Theilen Alaun und 1 Theil Zinkvitriol in 100 Theilen Wasser. Das zu verzinkende Eisen kommt mit dem Zinkpole in Verbindung.

Verzinnen, d. h. mit einem Ueberzuge von Zinn versehen, geschieht namentlich bei Eisenblech, welches dann Weissblech genannt wird.

indessen sucht man auch andere Metalle durch Verzinnen gegen Oxydation zu schützen, z. B. Kupfer, Messing, Blei, Zink. Die zu verzinnende Oberfläche muss gut gereinigt sein, was am besten durch eine Auflösung von Chlorzinkammonium in Wasser ($1^1/_2$ Gewichtstheil Wasser) geschieht. Auf der erhitzten Oberfläche reibt man das geschmolzene Zinn mit einem Kork oder mit Werg auf. Zum Verzinnen namentlich kleinerer Gegenstände, die sich nicht gut reiben lassen, hat man noch andere Methoden, die in speciell technischen Werken nachzusehen sind. — Auch auf galvanischem Wege (s. Art. Galvanoplastik) kann man mittelst einer Auflösung von Zinnsalz in Alkali verzinnen. — In physikalischer Beziehung erwähnen wir noch das sogenannte *Moiré métallique*, d. h. moirirtes oder mit perlmutterartig schimmernden Zeichnungen versehenes Weissblech. Die Erfindung machte 1814 Alard in Paris. Zinn hat nämlich die Eigenschaft, nach dem Schmelzen beim Erkalten zu krystallisiren; wird nun die Oberfläche durch Anbeizen mit Säuren entfernt, so kommt das krystallinische Gefüge zum Vorscheine, welches durch ungleiche Lichtreflexion dem Auge mattere und lichtere Stellen zeigt. Nimmt man englische, auf der Oberfläche noch unverletzte Weissbleche und beizt dieselben, so erhält man nur grosse unregelmässige Figuren mit einzelnen grossen Dentriten (baumartigen Zeichnungen): schmilzt man aber die Oberfläche des Zinns wieder auf und lässt die Erkaltung schneller oder langsamer eintreten, z. B. durch Aufspritzen von Wasser, so kann man verschiedenartige und kleinere Zeichnungen zur Erzeugung bringen. Gewöhnlich beizt man mit verdünnter Salpetersäure und verdünntem Königswasser und zuletzt mit Aetzkalilauge.

Verzögerung oder Retardation; s. d. Art. und Bewegungslehre. III. S. 93.

Vesine (böser Wind) heisst ein Thalwind im Rhonethale bei dem Dorfe Pilles, der namentlich an heissen Tagen um Mittag herrscht. Vergl. Thalwind.

Vesta heisst der am 29. März 1807 von Olbers entdeckte vierte Planetoid; s. Art. Planeten. B. S. 234.

Vexirbecher oder Tantalusbecher oder Zauberbecher (s. d. Art.).

Vibration oder Oscillation oder Schwingung. s. Art. Pendel. S. 195 und Wellenbewegung.

Vibrationsaxe oder Schwingungsaxe (s. d. Art.).

Vibrationshypothese
Vibrationssystem } s. Art. Undulationshypothese.
Vibrationstheorie

Vierlinge, s. Art. Krystallographie. D. S. 563.

Virtuelle Geschwindigkeit, s. Art. Princip der virtuellen Geschwindigkeiten.

Virtuelles Moment, s. Art. Moment, virtuelles.

Visir oder Diopter (s. d. Art.).

Visirebene heisst die Ebene, welche man sich durch die beiden, nach dem fixirten Punkte gerichteten Sehaxen gelegt zu denken hat.

Visiren heisst die Sehaxe in eine bestimmte Richtung bringen. Visiren einer Quelle heisst die Wassermenge bestimmen, welche die Quelle liefert.

Vogelperspective oder orthographische Projection: s. d. Art. und vergl. überdies Perspective und Projection.

Volta-Electricität oder Berührungs- oder Contact-Electricität wird gewöhnlich Galvanismus (s. d. Art.) genannt, sollte aber — wenn man auf den Entdecker zurückgehen will — eigentlich Voltaismus heissen.

Volta-Electrometer heissen alle diejenigen Apparate, vermittelst deren man die Stärke des electrischen Stromes aus der Menge des in einer gegebenen Zeit zerlegten Wassers bestimmt. Jetzt nennt man diese Apparate gewöhnlich kürzer Voltameter (s. d. Art.).

Voltagometer oder Agometer hat M. H. Jacobi einen dem Wheatstone'schen Rheostaten ähnlichen Apparat genannt, um bei electrischen Versuchen den Leitungswiderstand zu reguliren. Da der Rheostat (s. d. Art.) einfacher und billiger ist, so genüge hier der Hinweis auf Poggendorff's Annal. Bd. 59. S. 145 und Bd. 78. S. 173.

Volta-Induction nennt man die electrische Induction durch Einwirkung eines von der Electricität durchflossenen Leiters auf einen anderen geschlossenen Leiter zum Unterschiede von der magnetischen Induction, bei welcher magnetelectrische Ströme inducirend wirken. Vergl. Art. Induction.

Voltaismus, s. Art. Volta-Electricität.

Voltameter, ursprünglich Volta-Electrometer, nennt man einen Apparat zur Messung der absoluten Stärke eines electrischen Stromes und zwar durch Ermittelung der Menge des durch den Strom innerhalb einer bestimmten Zeit zerlegten Wassers. Gewöhnlich nimmt man ein gläsernes Gefäss, welches durch einen bleiernen Deckel luftdicht geschlossen und mit angesäuertem Wasser oder mit Aetzkalilauge gefüllt ist. Durch den Deckel gehen luftdicht zwei isolirte und gewöhnlich in Platinplatten endigende Drähte, so dass bei der eintretenden Zersetzung sowohl Sauerstoffgas wie Wasserstoffgas sich entwickelt, die beide durch ein ebenfalls durch den Deckel luftdicht hindurchgehendes gebogenes Gasentbindungsrohr in eine graduirte Röhre geleitet werden können. Bei Aetzkalilauge (1 Theil trocknes Kali und 9 Theile Wasser) kann man statt der Platinplatten Eisenblech nehmen. Poggendorff hat (s. dessen Annal. Bd. 55. S. 277) die Einrichtung getroffen, beide Gase getrennt aufzufangen und zwar ist dann der Apparat demjenigen sehr ähnlich, welchen man meistens bei Wasserzersetzung durch den electrischen Strom anwendet.

Faraday hat mittelst des Voltameters nachgewiesen, dass die Menge der in einer gegebenen Zeit erzeugten Gase oder die Menge der zersetzten Flüssigkeit immer der durchströmenden Electricitätsmenge proportional ist. Eine bestimmte Electricitätsmenge zersetzt hiernach immer dieselbe Quantität eines Electrolyten, mag sie nun den letzteren mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit, oder mit einer mehr oder weniger starken Spannung durchdringen. Die Menge der zersetzten Flüssigkeit bleibt sich am Ende immer gleich; die Polplatten mögen wie immer verschieden an Grösse sein und mehr oder minder weit in der Flüssigkeit von einander abstehen. Die Intensitätsveränderung des Stromes hat keinen Einfluss auf die Resultate der Zersetzung, falls nur die Electricitätsmenge dieselbe bleibt. Die Beständigkeit der electrochemischen Wirkung wird eben so wenig durch eine Veränderung in der Natur und Stärke der Lösung alterirt. Endlich ist auch die Art und Weise, wie die galvanische Kette construirt ist, oder das Material, aus welchem sie besteht, nicht von Belang. Zwei Ketten, welche die Nadel des Galvanometers, das mit dem Voltameter zugleich in den Schliessungsdraht eingeschaltet werden kann, um gleich viel ablenken, erzeugen auch gleich viel Gas, so dass die Wasserzersetzung der durch das Galvanometer gemessenen Stromstärke proportional ist.

Leitet man einen galvanischen Strom durch ein Voltameter, so erhält man innerhalb einer bestimmten Zeit eine bestimmte Gasmenge. — Schaltet man noch ein zweites Voltameter in die Kette ein, so dass der Strom durch beide gehen muss, so wird in beiden in derselben Zeit gleich viel Wasser zersetzt, d. h. in jedem gleich viel Gas erhalten, nur dass die Gasmenge jetzt geringer ist. — Schaltet man 3 und mehr Voltameter ein, so ist die entwickelte Gasmenge stets in allen einzelnen gleich gross, wird aber desto geringer, je mehr Apparate eingeschaltet werden. — Theilt sich der Polardraht, nachdem er zu einem Voltameter gegangen ist, in 2 oder mehrere gleich dicke und gleich lange Theile von derselben materiellen Beschaffenheit und man schaltet in jeden Theil ein Voltameter ein, so giebt jeder Theilstrom dieselbe Gasmenge und die Summe der Gasmengen aller einzelnen Theilströme ist in derselben Zeit ebenso gross, wie die Gasmenge des ungetheilten Stromes. — Leitet man einen electrischen Strom durch Wasser und nach seinem Austritte aus demselben noch durch einen andern Electrolyten, z. B. durch Chlorsilber, so findet man, dass die durch gleichzeitige Zerlegung erhaltenen Mengen von Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor und Silber sich verhalten, wie die Atomgewichte dieser Stoffe, so dass also von jedem derselben in gleicher Zeit gleichviel Atome ausgeschieden sind.

Volta'sche Säule, s. Art. Galvanismus. B. S. 366; vergl. auch Säule.

Volta'sche Theorie oder Contacttheorie (s. d. Art.)

Voltatyp oder Electrotyp nannte Spencer die von ihm mit

zuerst hergestellten galvanoplastischen Kupferabdrücke. S. Art. Gal-vanoplastik.

Volumbarometer, das, von C. Brunner ist ein Manometer (s. d. Art.), durch welches der Luftdruck nach dem Mariotte'schen Gesetz (s. d. Art.) aus dem Volumen einer abgesperrten Luftmasse gefunden werden soll. Das Instrument hat sich keinen rechten Eingang zu ver-schaffen gewusst.

Volumen oder Rauminhalt oder Cubikinhalt ist die Grös des Raumes oder der bestimmte Raum, welchen ein Körper einnimmt Das Volumen wird durch Ausmessung der verschiedenen Dimensione d. h. der Erstreckungen nach den verschiedenen Richtungen ermittel Näheres über die Raummasse enthält Art. Körpermass. — Wa man sonst wohl auch specifisches Volumen nennt, bezeichn man gewöhnlich als Atomvolumen oder Aequivalentvolume und verweisen wir deshalb auf diesen Artikel.

Volumenänderung durch die Wärme ist im Art. Ausdehnun der Körper durch die Wärme eingehend besprochen worden un zwar in A. S. 54 die Volumenänderung fester, in B. S. 56 diejenig tropfbarflüssiger und in C. S. 57 die luftförmigflüssiger Körper.

Volumenbestimmung fester Körper durch den Gewichtsverlust de selben in irgend einer Flüssigkeit von bekanntem specifischen Gewich (s. Art. Hydrostatik. E. S. 474) führt man unter Grundlegung de Gewichtes von 1 Cbkfuss Wasser $= 61^{3}/_{4}$ Npfd. oder von 1 Cbkzo Wasser $= 1^{1}/_{14}$ Neuloth in folgender Weise aus. Ist das spec. Gewic der Flüssigkeit s, der Gewichtsverlust des ganz eingetauchten Körpe

A Npfd. oder a Nloth, so ist das Volumen des Körpers $= \frac{A}{s\,.\,61^{3}\ldots}$

Cbkfuss oder $\frac{a}{s\,.\,1^{1}/_{14}}$ Cbkzoll. Geschah die Abwägung in destillirte

Wasser, so erhält man $\frac{A}{61^{3}/_{4}}$ Cbkfuss oder $\frac{a}{1^{1}/_{14}}$ Cbkzoll. — E

versteht sich von selbst, dass dabei der Temperatur Rechnung getrage werden muss. — Körper, welche in der Flüssigkeit nicht untersinke sondern auf derselben schwimmen, hat man mit einem schweren Körp von bekanntem Gewichte und Volumen, was man vorweg auf dieselb Weise bestimmen kann, zu verbinden, so dass beide gemeinschaftlic untersinken. — Wegen der Volumenbestimmung pulverförmiger Körpe siehe den folgenden Artikel.

Volumenometer nennt Kopp ein Instrument zur Bestimmung de Volumens pulverförmiger Körper; bereits früher haben aber Say un Leslie ein solches unter dem Namen Stereometer angegeben. — Das Kopp'sche Volumenometer beruht darauf, dass eine abgesperrt Luftmasse von bestimmtem Volumen unter einem gewissen Drucke stehe

muss, wenn sie zusammengepresst werden und die Volumenverringerung eine bestimmte Grösse betragen soll; dass aber, sobald ein Körper in diesen Raum gebracht wird, — weil dann dieser einen Theil der Luft verdrängt, so dass also ein geringeres Luftquantum übrig bleibt — ein stärkerer Druck erforderlich ist, um den von der Luft noch erfüllten Raum wieder um ein gleiches Volumen zu verkleinern. Aus der in diesem Falle gesteigerten Grösse des Druckes kann man auf das Volumen des eingebrachten Körpers schliessen, wenn man durch Vorversuche die Druckzunahme bestimmt, welche ein Körper von einer bekannten Anzahl Cubikcentimetern erfordert. Das Kopp'sche Instrument kommt im Wesentlichen auf das Differentialbarometer desselben hinaus, über welches Art. Differentialbarometer den betreffenden Nachweis liefert. Eine specielle Beschreibung des Volumenometers findet sich in den Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 35. S. 17. — Bei dem Stereometer wird der umgekehrte Weg eingeschlagen, nämlich die abgesperrte Luft soweit verdünnt, bis sie nur einen dem halben Barometerstande gleichen Druck ausübt. Es geschieht dies dadurch, dass eine oben abgeschliffene Röhre in Quecksilber getaucht und, nachdem sie luftdicht verschlossen ist, empor gezogen wird. — Auch Regnault hat ein Volumenometer angegeben, wegen dessen wir auf Poggendorff's Annal. Bd. 66. S. 445 verweisen und nur bemerken, dass demselben das Princip des Stereometers zu Grunde liegt.

Volumeter von Gay-Lussac, s. Art. Aräometer. 6. S. 40. — Volumeter nennt Hare auch Apparate, um gewisse gleich grosse Volumina, oder auch von ungleicher, aber bestimmter Grösse, einer Gasart oder tropfbaren Flüssigkeit aus einer grösseren Masse wegzunehmen oder in ein Gefäss hinein zu bringen. Im Allgemeinen besteht der Apparat — nach Muncke's Angabe — aus einem Gefässe, welches oben und unten durch bewegliche Stöpsel oder Deckel verschlossen, an einer Handhabe befestigt und mit einem federnden Arme versehen ist, um es in ein anderes gegebenes grösseres Gefäss zu bringen, dann den Verschluss durch einen Druck gegen einen Hebelarm zu öffnen und so die Füllung oder Entleerung desselben zu bewerkstelligen.

Volumtheorie, s. Art. Atomvolumen und Atomtheorie.

Vorbrennen, s. Art. Verglühen.

Vorlage nennt man bei der Destillation (s. d. Art.) das Gefäss, in welchem man das Destillat auffängt.

Vorraum oder Dampfkammer, s. d. Art. und Dampfmaschine. S. 191.

Vorrücken der Nachtgleichen, s. Art. Präcession.

Vorstoss oder Allonge heisst eine birnförmige oder konische Glasröhre, welche bei der Destillation (s. d. Art.) zwischen Retorte und Vorlage (s. d. Art.) oder zwischen Retorte und Kühlapparat angebracht ist. Der Retortenhals wird in das weitere Ende des Vorstosses gesteckt,

während das dünnere Ende in die Vorlage oder Kühlröhre passt. Der Vorstoss bildet häufig nur eine Verlängerung des vielleicht zu kurzen Retortenhalses, oder er dient zur Herstellung einer passenden Verbindung zwischen Retortenhals und Vorlage.

Vorwärmen nennt man die Operation, durch welche eine Flüssigkeit, die auf einen hohen Wärmegrad gebracht werden soll, schon im Voraus durch vielleicht sonst unbenutzt entweichende Wärme auf eine etwas höhere Temperatur erwärmt wird, ehe sie an den eigentlichen Ort ihrer Bestimmung gelangt. Das Speisewasser eines Dampfkessels wird z. B. zweckmässig vorgewärmt; z. B. bei der Locomotive durch Einführung von Dämpfen, die sonst entweichen würden. Es versteht sich von selbst, dass in solchen Fällen namentlich an Brennmaterial erspart wird.

Vulcan wird nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche mit *Feuerberg* oder *feuerspeiender Berg* für synonym gehalten, d. h. mit den Bergen, welche durch offene Schlünde fortwährend oder wenigstens zeitweise aus dem Erdinnern Massen ausschleudern oder ausströmen lassen. Diese Auffassung würde für die jetzige Periode unseres Planeten allerdings ausreichend sein, nicht jedoch für frühere Perioden, in welchen die feste Rinde, welche das feurigflüssige Erdinnere umschliesst, noch nicht die Stärke und Festigkeit erlangt hatte, welche sie jetzt zeigt. Damals vermittelten nicht einzelne Berge, sondern grössere Gebiete die Verbindung des Erdinnern mit der Atmosphäre. Auf die früheren Perioden können wir hier nicht eingehen, da dies als ganz specieller Gegenstand der Geologie unserem Plane zu fern liegt; wir beschränken uns auf die wesentlichsten Ergebnisse der die Vulcane an sich betreffenden Untersuchungen.

Das Wesen eines Vulcans im engeren Sinne besteht darin, dass entweder eine beständige oder doch eine zeitweise wiederholte Verbindung zwischen dem Heerde der vulcanischen Thätigkeit, den dort befindlichen feurigflüssigen Gesteinsmassen, Dämpfen etc. und der Atmosphäre hergestellt ist. Das Eintreten dieser Erscheinung nennt man gewöhnlich eine *Eruption*. Nur in wenigen Fällen findet eine ununterbrochene Eruption statt (z. B. Stromboli); in der Regel tritt sie nach längeren oder kürzeren Unterbrechungen ein. Alle Vulcane, welche stets oder jetzt noch von Zeit zu Zeit Eruptionserscheinungen zeigen, werden *thätige* Vulcane genannt, während diejenigen, an welchen seit langer Zeit keine solchen vorgekommen sind, *erloschene* heissen. Von den letzteren ist entweder aus historischer Zeit noch ihre Thätigkeit bekannt, oder sie verrathen ihre vulcanische Natur durch ihre äussere Uebereinstimmung mit den noch thätigen Vulcanen und durch Erscheinungen — heisse Quellen, Ausströmungen von Kohlensäure u. dergl. —, welche auf eine vulcanische Entstehung schliessen lassen. Zwischen den thätigen und erloschenen Vulcanen in der Mitte stehen die



Solfataren, d. h. diejenigen Vulcane, deren Thätigkeit sich auf das Ausstossen von Dämpfen und Schwefelwasserstoffgas beschränkt, ohne dass feurigflüssige Gesteinmassen ergossen werden. Will man diesen Mittelzustand nicht anerkennen, so wird man die Solfataren zu den thätigen Vulcanen zu rechnen haben; denn in dem scheinbar ruhigen Zustande der Unterbrechung gleichen die thätigen Vulcane in ihren Aeusserungen den Solfataren.

Noch entzündete Vulcane oder Vulcane, welche in neuerer Zeit noch Beweise der Entzündung gegeben haben, zählte Werner 193, C. v. Leonhard 187, Arago 175, A. v. Humboldt 225; neuerdings giebt Fuchs (die vulcanischen Erscheinungen der Erde 1865) 270 an. In Europa giebt es deren nur wenige; auf dem Festlande selbst ist sogar nur ein einziger (Vesuv) und überhaupt sind hier mit Einschluss der in der Nähe dieses Erdtheils gelegenen Inseln nur 5 thätig, nämlich: Vesuv, Aetna, Stromboli, Volcano und der submarine Vulcan der Insel Ferdinandea.

Die Mehrzahl der Vulcane findet sich auf Inseln; überhaupt sind sie in der Nähe grösserer Wassermassen. Von 225 Vulcanen, die seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts Eruptionen gehabt haben, liegen 155 auf Inseln und nur 70 auf den Continenten und von den letzteren wieder die Mehrzahl an der Küste.

Die kleinen Vulcane sind in der Regel thätiger als die hohen, haben aber weniger heftige Ausbrüche, z. B. Stromboli. Ein allgemeines Gesetz, welches das Verhältniss der Höhe eines Vulcans zu der Häufigkeit seiner Eruptionen ausdrückt, scheint nicht zu existiren. Die Häufigkeit namentlich des Lavaergusses scheint mit der Höhe des vulcanischen Berges abzunehmen und die hohen haben gewöhnlich, z. B. in Quito, nur Ausbrüche von Asche und Wasser.

Die Vulcane treten meistens in der Gestalt eines abgeschnittenen Kegels auf; die innere, umgekehrt kegelartige Höhlung dieses vulcanischen Kegels nennt man Krater und die mehr oder weniger kreisförmige Linie, welche die Grenze des inneren und äusseren Abhanges bildet, Kraterrand. L. v. Buch unterscheidet rein äusserlich Central- und Reihen-Vulcane, je nachdem dieselben den Mittelpunkt vieler fast gleichmässig nach allen Seiten hin wirkender Ausbrüche bilden, oder in einer Richtung wenig von einander entfernt, gleichsam als Essen auf einer langgedehnten Spalte, liegen. Der Pic von Teneriffa gehört zu den Centralvulcanen; auf der Andeskette liegen Reihenvulcane. Die Reihenvulcane erheben sich wieder entweder als einzelne Kegelinseln von dem Grunde des Meeres und es läuft ihnen meist zur Seite in derselben Richtung ein primitives Gebirge, dessen Fuss sie zu bezeichnen scheinen, oder sie stehen auf dem höchsten Rücken dieser Gebirgsreihen und bilden die Gipfel selbst. Charles Darwin betrachtet die Centralvulcane im Allgemeinen als Reihenvulcane von kurzer

Ausdehnung auf parallelen Spalten. Nach Fr. Hoffmann bilden die liparischen Inseln ein Zwischenglied zwischen den Central- und Reihenvulcanen.

Die Stoffe, welche durch die Vulcane ausgestossen werden, sind im Allgemeinen und hauptsächlich von viererlei Art: Rauch, Asche, emporgeschleuderte Körper und Lava.

Der Rauch entströmt vielen Vulcanen beständig und ist dann Wasserdampf, gewöhnlich gemischt mit Schwefeldämpfen. Ausserdem zeigen sich in den Dämpfen Chlorverbindungen, namentlich Salzsäure, selbst Kochsalz und Salmiak. Kohlensäureentwickelung findet bisweilen bei Fumarolen statt; doch sprechen die fast nur in der Nähe von vulcanischen Gebirgen vorkommenden Sauerbrunnen und die in Italien so zahlreichen Mofetten für eine häufige Entwickelung dieser Säure wahrscheinlich durch die Einwirkung der Hitze auf benachbarte Lager kohlensauren Kalkes.

Das Auswerfen der Asche fällt mehr in die Mitte oder gegen das Ende einer Eruption, während der Rauch mehr den schlummernden Vulcanen entströmt oder dem eigentlichen Ausbruche vorangeht. Die Asche entsteht durch Zerreibung der ausgeworfenen, wieder zurückfallenden und wiederholt ausgeworfenen Gesteinmassen. Das Emporsteigen der mit diesem Staube untermengten Dünste bedingt das Aussehen einer hohen Rauchsäule, und indem sich die Säule oben zu einer dunklen, trüben, kugelförmigen Wolke gestaltet, welcher bei schnell auf einander folgenden Auswürfen eine neue Wolke folgt, entsteht unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen die Gestalt eines Pinus-Baumes. Das Eintreten dieser Erscheinung pflegt man als Vorboten einer sehr nahen und heftigen Lavaeruption zu betrachten. Herculanum und Pompeji wurden 79 n. Chr. durch einen solchen Aschenauswurf verschüttet. Die Asche besteht aus kleinen Krystallen von Feldspath, Augit, Titaneisen, Magneteisen, Olivin und offenbart sich überhaupt als fein zertheilte Lava. Ist die Asche stark mit Wasserdämpfen beladen, so entsteht ein förmlicher Aschenregen. Wie hoch die Asche bisweilen aufsteigt, dafür spricht ein Ausbruch des Morne Garou auf St. Vincent 1812, bei welchem die Asche aus dem unteren in den oberen Passat geschleudert sein musste, da sie auf dem 20 Meilen östlich davon liegenden Barbados mit Ostwind niederfiel. Aehnliches ereignete sich 1835 bei einem Ausbruche des Cosiguina in Mittelamerika.

Die emporgeschleuderten Körper, welche man in Italien Lapilli oder Rapilli nennt, sind theils Bruchstücke von den Wänden der Eruptionsöffnung, theils losgerissene Lavamassen.

Der vierte Auswurfstoff, die Lava, kommt nicht bei allen Eruptionen vor. Ein Lavaerguss findet nur statt durch Ueberfliessen über den Rand des Kraters oder durch Ausströmen durch eine Seitenspalte, oder durch Durchbrechung der Kraterwand. Bei Nacht erscheint die Lava

weisslichglühend; bei Tage umgiebt den Strom eine Hülle von Dünsten und Dämpfen. Die Oberfläche wird schnell fest und bildet eine schlackenartige Rinde, unter welcher die Lava des Nachts rothglühend und zwar immer dunkler werdend erscheint, je mehr die Dicke der Rinde zunimmt. Die hart gewordene Lava ergiebt sich als ein mehr oder minder inniges Gemenge aus Feldspath oder Labrador, aus augit- und titanhaltigen Magneteisentheilen; oft sind Leuzit, Sodalit, Harmotom und andere Mineralien beigesellt. Meist unausgefüllte Blasenräume, d. h. rundliche blasenförmige Lücken gehören zu den charakteristischen Merkmalen der Lava bei den noch jetzt thätigen Vulcanen. Ueberhaupt zeigt sich dieselbe porös. Der Bruch ist sehr verschieden. Die Farbe ist grau oder braun, selten roth oder schwarz. Je nach dem Vorwalten des einen oder des anderen Gemengtheiles unterscheidet man: Augitlaven, ein inniges Gemenge von Feldspath und Augit, häufig noch mit Magneteisen verbunden, stets ohne Quarz, und Feldspathlaven, den sogenannten Trachyt. Genau genommen bezeichnet Lava Alles, was im Vulcane fliesst, und keineswegs eine besondere mineralische Zusammensetzung des Gesteines.

Als Eigenthümlichkeit der Vulcane in der Aequatorialzone Amerikas ist der Umstand hervorzuheben, dass sie keine eigentliche Lava ergiessen, sondern schlammartige Massen, die häufig Fische enthalten, auswerfen. A. v. Humboldt macht bei diesen Schlammvulcanen als wesentlich geltend, dass sie sich mit ihren Gipfeln hoch über die Grenze des ewigen Schnees erheben. Die Schneemassen wirken nach Humboldt's Ansicht ununterbrochen, auch während der Vulcan in vollkommener Ruhe ist, durch Infiltration in die Spalten des Trachytgesteins. Höhlungen am Abhange oder Fusse des Vulcans werden so allmälig in unterirdische Wasserbehälter verwandelt, die mit den Alpenbächen des Hochlandes von Quito durch enge Oeffnungen vielfach communiciren. Die Fische dieser Alpenbäche vermehren sich vorzugsweise im Dunkel der Höhlen, und wenn dann Erdstösse, die allen Eruptionen der Andeskette vorhergehen, die ganze Masse des Vulcans mächtig erschüttern, so öffnen sich auf einmal die unterirdischen Gewölbe und es entstürzen ihnen gleichzeitig Wasser, Fische und tuffartiger Schlamm.

Submarine vulcanische Ausbrüche hat man daran erkannt, dass durch dieselben neue Inseln emporgetrieben wurden. Bei der grossen Fläche, welche das Meer im Verhältniss zu dem Erdfesten einnimmt, dürften dergleichen Ausbrüche gar nicht so selten sein, als man sie zu beobachten Gelegenheit hat. Im Jahre 1707 erhob sich in der Nähe der Insel Santorin im griechischen Archipelagus eine Insel. — 1795 entstand bei Unalaschka, in der Gruppe der Fuchsinseln, ein neues Eiland. Dasselbe wiederholte sich ebenda 1814. — 1831 erhob sich zwischen Sicilien und Afrika eine Insel, die aber in demselben Jahre wieder verschwand.

Ueber die Bildung der Vulcane ist man bis jetzt noch nicht zu einer allerseits anerkannten Ansicht gelangt. Nach der einen Ansicht entsteht der Vulcan durch die im Erdinnern verborgenen, nach Aussen hin wirkenden Kräfte durch eine Erhebung des Bodens. Diese Ansicht, welche Leopold v. Buch aufstellte, haben namentlich A. v. Humboldt, Elie de Beaumont und Dufrénoy vertheidigt. A. v. Humboldt sagt: „Der Widerstand, welchen die in allzugrosser Menge gegen die Oberfläche gedrängten feuerflüssigen Massen in dem Ausbruchkanale finden, veranlasst die Vermehrung der hebenden Kraft. Es entsteht eine blasenartige Auftreibung des Bodens, wie dies durch die regelmässige, nach aussen gekehrte Abfallsrichtung der gehobenen Bodenschichten bezeichnet wird. Eine minenartige Explosion, die Sprengung des mittleren und höchsten Theils der convexen Auftreibung des Bodens, erzeugt bald allein das, was L. v. Buch einen Erhebungs-Krater genannt hat, d. h. eine kraterförmige, runde oder ovale Einsenkung, von einem Erhebungs-Circus, einer ringförmigen, meist stellenweis eingerissenen Umwallung, begrenzt; bald in der Mitte des Erhebungs-Kraters zugleich einen dom- oder kegelförmigen Berg. Der letztere ist dann meist an seinem Gipfel geöffnet: und auf dem Boden dieser Oeffnung (des Kraters des permanenten Vulcans) erheben sich vergängliche Auswuchs- und Schlackenhügel, kleine und grosse Eruptions-Kegel, welche bisweilen die Kraterränder des Erhebungs-Kegels weit überragen. Nicht immer haben sich aber die Zeugen des ersten Ausbruchs, die alten Gerüste erhalten.“ — Die vulcanische Thätigkeit hat hiernach durch Erhebung des Bodens formgebend und gestaltend gewirkt. Ehe wir jedoch zu den Gegnern dieser Erhebungstheorie übergehen, erwähnen wir noch, dass L. v. Buch neben dem Erhebungs-Krater noch einen Auswurfs-Krater annahm. Vulcane, welche blos aus einem Kegel bestehen, sind nach ihm das Ergebniss einer einmaligen gewaltsamen Erhebung des Bodens, auf welche dann ein Stillstand erfolgte. Die meisten Vulcane jedoch, und namentlich fast alle noch thätigen, haben derartige Auftreibungen von Zeit zu Zeit wiederholt. Mit diesen späteren Ausbrüchen konnten nun Auswurfsstoffe aus der Tiefe emporgetrieben werden, und diese Stoffe mussten sich um den schon vorhandenen Erhebungs-Krater kegelförmig anhäufen. Der Erhebungs-Krater erhielt hierdurch eine Umgestaltung und in ihm bildete sich der Auswurfs-Krater, den man gewöhnlich schlechthin Krater nennt. Die Vertiefung des Erhebungs-Kraters nennt man auf den canarischen Inseln Caldera, die radienförmigen Einschnitte Barancos. Diese Bezeichnungen haben in der Wissenschaft Eingang gefunden.

Gegen die Erhebungs- und Explosionstheorie L. v. Buch's sind als erste Gegner aufgetreten namentlich Lyell, Cordier, Fr. Hoffmann und Constant Prévost. Diese haben darauf

aufmerksam gemacht, dass zwischen den Gesteinen des Erhebungs- und Auswurfskegels kein genügender Unterschied stattfinde; sei also der eine Kegel aufgeschüttet, so sei es auch der andere. Vorzüglich aber haben sie die Form der Barancos geltend gemacht, welche, wenn sie durch Berstung gehobener Schichten entstanden seien, oben in der Nähe des Kraterrandes am breitesten sein und gegen den Fuss des Kegels schmal auslaufen müssten, während gerade das Umgekehrte der Fall sei, gewöhnlich auch nur einer bis in die wirkliche Caldera reiche, die anderen aber in der Nähe des Kraterrandes endeten. Es wird nun von dieser Seite behauptet, dass diese Barancos spätere Auswaschungen abfliessender Gewässer seien, und höchstens von dem bis in die Caldera dringenden Hauptbaranco zugegeben, dass er auf einer Spaltung beruhe. Sie leiten demnach den Erhebungs-Krater ebenfalls von einer Aufschüttung der aus der Tiefe emporgestiegenen vulcanischen Massen ab, und nehmen für diesen ältesten und ersten Ausbruch eine sehr grossartige Thätigkeit des Vulcans zur Zeit seiner Bildung an, gegen welche die späteren Eruptionen, wenn sie es nicht bis zu einer Ausfüllung der alten Caldera brachten, unbedeutend erscheinen. Die Bildung der Caldera erklären sie ebenso sehr aus der Gewalt, mit welcher diese ältesten und ersten Auswurfsmassen hervorgetrieben wurden, wie aus späteren Einstürzen der Spitze des Kegels, welche erfolgten, als der Vulcan seinen ersten Ausbruch vollendet hatte. Die von den Ausbruchsstoffen in der Tiefe gelassenen Lücken mussten durch Einstürzen eines Theils der aufgehäuften Massen wieder ausgefüllt werden. Hiernach würden wir also nur bei kleineren und allermeistens bei erloschenen Vulcanen einen relativ sehr weiten und grossen Krater antreffen müssen, bei noch thätigen aber einen viel kleineren, wenn auch höher aufsteigenden.

Der Erhebungs- und Explosionstheorie steht also eine Aufschüttungstheorie gegenüber. In neuester Zeit ist man aber noch zu anderen Ergebnissen gekommen, welche die v. Buch'sche Theorie als einzig massgebende völlig erschüttert haben. Es hat sich, z. B. an den erloschenen Vulcanen der Eifel, herausgestellt, dass durch vulcanische Eruptionen die Stellung der durchbrochenen Schichten nirgends wesentlich verändert worden ist, dass in den vorher vorhandenen Schichtstellungen oder Lagerungsverhältnissen höchstens an ihren Grenzen kleine, unbeträchtliche Störungen hervorgebracht worden sind. Hieraus hat man den Schluss gezogen, dass gerade umgekehrt mit der Erhebungstheorie Vulcane überhaupt erst dann möglich geworden seien, wenn aus irgend einem, allerdings unbekannten Grunde der heissflüssige Theil des Erdinnern sich der Erdoberfläche, diese lockernd, ungewöhnlich genähert habe, dass aber dann nicht ein plötzliches, gewaltsames Zersprengen oder Bersten der Erdkruste eingetreten sei, vielmehr gewöhnlich Einstürzungen in innere, hier allerdings durch vulcanische Thätig-

keit hervorgebrachte Höhlungen statt gefunden hätten, und dass dann erst solche Einsturzstellen zu vulcanischen Eruptionsstellen geworden seien, über denen sich nachträglich durch wiederholte Eruptionen Vulcane aufbauen konnten (s. Vogelsang: die Vulcane der Eifel. 1864).

Somit finden wir eine Erhebungs- und Explosionstheorie, eine Aufschüttungstheorie und eine Einsturz- oder Versenkungstheorie. Wir bemerken hierzu, dass die Natur nicht immer auf ein und dieselbe Weise sonst gleiche Phänomene zur Erscheinung bringt, dass also wohl verschiedene Arten der Vulcanbildung möglich sind und also die verschiedenen Theorien auch neben einander bestehen können. Jedenfalls scheint die griechische Insel Santorin für die v. Buch'sche Ansicht zu sprechen; in der Eifel aber kann sehr wohl der Hergang ein anderer gewesen sein.

Wegen des Zusammenhanges der Erdbeben mit den vulcanischen Erscheinungen vergl. Art. Erdbeben. S. 284; wegen des feuerflüssigen Erdinnern Art. Erde. S. 290; ausserdem verweisen wir noch auf Art. Sonne, insofern die neueren Untersuchungen herausgestellt haben, dass die Sonne sich jetzt noch in einem Zustande befindet, in welchem unsere Erde ebenfalls gewesen ist.

Wegen der Vulcane auf dem Monde s. Art. Mond und überdies Selenographie.

Vulcanisten oder Plutonisten nennt man die Anhänger der geologischen Theorie, nach welcher alle Erscheinungen auf und in der Erde dem Einflusse eines unterirdischen Feuers zugeschrieben werden, während die Neptunisten dasselbe durch Wirkung des Wassers erklären wollen. Werner gilt als Schöpfer der neptunischen Theorie, Hutton als derjenige der plutonischen.

Vulturuns oder Eurus hiess bei den Alten der Südostwind.

W.

Waage heisst das Instrument zur Bestimmung des Gewichtes der Körper. Im Allgemeinen gründet sich die Einrichtung der Waagen auf die Gesetze des Hebels (s. d. Art.). Da bei dem mathematischen Hebel Gleichgewicht stattfindet, wenn die statischen Momente gleich sind, also wenn $K . E_k = P . E_p$ ist, wo K einen Körper, P ein Gewicht und E_k und E_p die respectiven Entfernungen von dem Drehpunkte bezeichnen, so leuchtet ein, dass man mittelst eines mathematischen Hebels das Gewicht eines Körpers bestimmen kann, denn es ist $K = P . \frac{E_p}{E_k}$



Insofern nun das Verhältniss von E_p zu E_k ein sehr verschiedenes sein kann, so würden sich bei der näheren Einrichtung eines solchen Hebels als Waage auch sehr verschiedene Arten von Waagen ergeben. Am einfachsten ist $E_p = E_k$, da in diesem Falle $K = P$ wird. Die hierauf sich gründende Waage ist die sogenannte Krämerwaage oder gemeine Waage. Andere Verhältnisse, die im Allgemeinen $K = n \cdot P$ geben, liefern die Schnellwaagen. Ausserdem lassen sich noch Hebelwaagen durch Vereinigung (Combination) mehrerer Hebel construiren, z. B. Brückenwaage, Schiffswaage. Andere Principien hat man allerdings auch zur Gewichtsbestimmung zu verwenden gesucht, z. B. Weber's Kettenwaage (s. Art. Kettenwaage), indessen haben dieselben weniger Eingang gefunden und nur die Federwaagen, welche sich auf die Elasticität gründen, dürften eine Ausnahme machen. — Fasst man den Begriff der Waage weiter, nicht blos zur Ermittelung der durch die Schwere bedingten Zugkraft der Körper, sondern zur Ermittelung der Grösse von Kräften oder deren Wirkungen überhaupt bestimmt, so würden wir auch die Dynamometer oder Kraftmesser hierher zu rechnen haben. Da wir hier jedoch die Waage nur in ihrem engeren Sinne erläutern wollen, so sind diese anderweitigen Instrumente in besondere Artikel verwiesen worden und machen wir daher namentlich namhaft: Dynamometer, ebenso Drehwaage, Libelle wegen der Wasserwaage mit Luftblase, Aräometer wegen der Senkwaagen. Ausserdem sind einige der Hebelwaagen besonderen Artikeln zugewiesen worden, theils um den vorliegenden Artikel nicht zu sehr auszudehnen, theils weil diese Waagen wohl in manchen Fällen eine für sich bestehende Charakteristik wünschenswerth machen dürften. Wir verweisen daher auf Art. Brückenwaage, wohin auch die Strassen- oder Mauthwaage gehört; auf Art. Schiffswaage; auf Art. Schnellwaage; auf Art. Zeigerwaage, in welchem auch die Briefwaage erwähnt ist; auf Art. Tafelwaage; auf Art. Roberval'sche Waage. Wir beschränken uns somit hier auf die gemeine Waage oder Krämerwaage und auf die Federwaage.

A. Krämerwaage. 1) Die Krämerwaage besteht in ihrer gewöhnlichen Construction aus einem Waagebalken, der einen zweiarmigen Hebel repräsentirt und mittelst der sogenannten Welle in der Scheere ruht. Die Welle ist ein durch die Mitte des Waagebalkens gehender unten zugeschärfter und beiderseits hervorragender Stift, welcher den Drehpunkt des Hebels abgiebt, und die Scheere wird von einer zweizinkig gestalteten Gabel gebildet, welche die Welle in an den Enden der Zinken angebrachten Löchern aufnimmt, oben aber an einem Haken hängt oder gehalten wird, so dass sie von selbst eine verticale Richtung annehmen kann. Senkrecht auf dem Waagebalken und senkrecht auf der Welle steht die Zunge, d. h. ein spitzer Stift, welcher zwischen den Zinken der Scheere spielen kann, und unweit der Enden des Waage-

balkens hängen die Schaalen zur Aufnahme der Gewichte und der abzuwiegenden Körper.

2) Soll ein Körper gewogen werden, so legt man denselben in die eine Schaale und in die andere Gewichte, bis die Zunge genau in der Scheere steht; soll von einem Stoffe ein bestimmtes Gewicht abgewogen werden, so legt man das bestimmte Gewicht in die eine Schaale und in die andere soviel Gewichte, bis ebenfalls die Zunge einsteht. In beiden Fällen sollen das Gewicht und der abzuwiegende Körper genau gleich sein; ferner soll bei noch nicht völliger Uebereinstimmung die Zunge umsomehr aus der Scheere heraustreten, d. h. ausschlagen, je grösser die Differenz ist. Es fragt sich nun, welche Bedingungen zu erfüllen sind, da mit eine Waage das Verlangte leistet.

3) Erste Bedingung ist, dass der Waagebalken eine horizontale Stellung einnimmt, sobald beide Schaalen abgehängt werden. In diesem Falle muss also die Zunge genau in der Scheere einstehen. — Zweite Bedingung ist genau gleiches Gewicht der beiden Schaalen nebst allem, was zu ihnen gehört, also mit Einschluss der Schnüre, an welchen sie hängen, und dritte eine Aufhängung der Schaalen in genau gleicher Entfernung von der Welle. Das genaue gleiche Gewicht der Schaalen prüft man dadurch, dass man die anhängenden Schaalen abnimmt und vertauscht wieder anhängt. Steht in diesem Falle die Zunge beide Mal in gleicher Weise — wobei es gleichgültig ist, ob die Zunge einsteht oder nicht —, so ist das Gewicht der Schaalen gleich, während eine Verschiedenheit der Zungenstellung bei diesem Umtausche ein entschiedener Beweis für die Ungleichheit im Gewichte beider Schaalen ist. Hierbei erfährt man zugleich, ob die dritte Bedingung erfüllt ist. Sind nämlich die beiden Schaalen von gleichem Gewichte, so muss — da nicht nur der leere, sondern auch der gleiche Gewichte tragende Waagebalken horizontal stehen soll — bei anhängenden Schaalen, die selbst nichts Anderes, als anhängende Gewichte repräsentiren, die Zunge einstehen, und folglich sind jedenfalls die Aufhängungspunkte der Schaalen in ungleicher Entfernung von der Welle, wenn bei gleichen Schaalen die Zunge aus der Scheere heraustritt. Man findet zwar Waagen, welche bei anhängenden Schaalen einen horizontalen Stand des Waagebalkens zeigen; sie können aber dennoch falsch sein. Dies offenbart sich alsdann, wenn man die Schaalen vertauscht, durch eine schiefe Stellung des Waagebalkens und zwar weil nicht nur die Schaalen ungleiches Gewicht haben, sondern auch die Aufhängepunkte in ungleichem Abstande von der Welle liegen. Hängt nämlich die schwerere Schaale in kleinerer Entfernung, so kann sehr wohl die Zunge einstehen.

Gesetzt die Waage bestehe die angegebenen drei Prüfungen, so ist damit doch erst der Forderung Genüge geschehen, dass beim Gleichgewichte das Gewicht in der einen Schaale dem Gewichte des zu wiegenden Körpers in der anderen gleich ist; es soll aber auch bei *noch nicht*

vollem Gleichgewichte der grössere oder kleinere Gewichtsunterschied an einer solchen Waage kenntlich gemacht werden. Das Kennzeichen hierfür ist der grössere oder kleinere Ausschlagswinkel, worunter man den Winkel versteht, welchen die Zunge mit der Scheere bildet, und der immer nach der Seite der grösseren Belastung hin liegt. Dies wird durch die besondere Lage des Schwerpunktes der Waage erreicht. Der Schwerpunkt könnte in der Welle, über und unter derselben liegen. Im ersten Falle wäre beim Gleichgewichte die Stelle indifferent, im zweiten labil, im dritten stabil (vergl. diese Art.). Es bleibt also nur der dritte Fall für die Waage brauchbar. In diesem Falle wird beim Gleichgewichte der Waagebalken eine horizontale Lage annehmen und bei nicht stattfindendem Gleichgewichte, ebenso bei eintretender Bewegung in schwingende Bewegung gerathen und schliesslich in geneigter Lage zur Ruhe gelangen. Die Grösse des hierbei sich zeigenden Ausschlagswinkels wird von der grösseren oder geringeren Ungleichheit in der Belastung bedingt, indem bei grösserem Unterschiede eine stärkere seitliche Verschiebung des Schwerpunktes eintritt, also auch eine grössere Neigung erforderlich ist, damit der Schwerpunkt vertical unter dem Unterstützungspunkte liege. Man prüft dies dadurch, dass man sowohl die unbelastete, als belastete Waage absichtlich aus der Ruhelage herausbringt und dann loslässt. Bleibt die Waage in der Stellung, die man ihr gegeben hat, stehen und schwankt nicht zurück, so ist dieselbe ganz unbrauchbar. Eine brauchbare Waage muss schon bei einem geringen Uebergewichte auf der einen Seite einen merklichen Ausschlag nach dieser Seite geben. Ist dies bei einer Waage mehr der Fall als bei einer anderen, so sagt man, jene sei empfindlicher. Insbesondere aber beurtheilt man die Empfindlichkeit einer Waage nach dem Verhältnisse des kleinsten Uebergewichtes zur gesammten Belastung, wenn man auf die Waage die grösstmöglichste Last gebracht hat. Wenn z. B. eine Waage höchstens mit 2 Npfd. belastet werden darf und für $^1/_2$ Cent noch einen Ausschlag giebt, so ist die Empfindlichkeit $= \frac{^1/_2 \text{ Cent}}{2 \text{ Npfd.}} = \frac{1}{12000}$. Eine Waage, auf welcher man Lasten von Centnern wiegt, soll noch für 1 Loth einen Ausschlag geben. Eine zu ganz feinen Abwägungen bestimmte Waage soll wenigstens $^1/_{60000}$ Empfindlichkeit besitzen.

Behandelt man diese Bedingungen, welche eine Waage erfüllen muss, mathematisch, so gelangt man zu der Formel

$$tgs\,\alpha = \frac{a\,(P - Q)}{S\,.\,G + e\,(P + Q)},$$

wo α den Ausschlagswinkel der Zunge; a den gleichgrossen Abstand der beiden Aufhängepunkte der Schaalen von der Welle; P und Q die in den Schaalen liegenden Gewichte unter der Voraussetzung, dass $P > Q$

ist; G das Gewicht des Waagebalkens; e den Abstand der Welle von der die Aufhängepunkte der Schaalen verbindenden Geraden und S die Entfernung des Schwerpunktes der Waage von der Welle, und zwar e und S von der Welle abwärts als positiv gerechnet, bedeuten. Hieraus folgt, dass der Ausschlag einer Krämerwaage unter sonst gleichen Umständen um so bedeutender ist, je länger die Waagearme (a) sind; je grösser das Uebergewicht auf der einen Schaale ($P - Q$) ist; je weniger die Waage belastet ($P + Q$) wird; je leichter der Waagebalken selbst (G) gebaut ist; je weniger tief die Linie, welche die Aufhängepunkte der Schaalen verbindet (e), und der Schwerpunkt (S) unter der Welle liegen.

4) Waagen zu ganz genauen Abwägungen kleinerer Massen — z. B. bei chemischen Untersuchungen, beim Wiegen von Gold, Edelsteinen etc. — hat man mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

Der Waagebalken kann aus Eisen, Stahl oder Messing verfertigt werden. Eisen und Stahl haben den sichern Vorzug der grösseren Festigkeit; Messing hingegen gewährt den Vortheil, dass es nicht magnetisch wird. Man macht ihn häufig massiv und zwar so, dass er höher als dick ist und gegen die beiden Enden verjüngt zuläuft. Manche Künstler verfertigen Waagen mit hohlen Balken, die zwei abgestumpfte, an ihrer Basis zusammengefügte Kegel vorstellen; auch Balken aus stark gehämmertem, dickem, durchbrochenem Messingbleche thun gute Dienste. Im letzteren Falle liegt im Wesentlichen dieselbe, grosse Festigkeit bietende Construction zu Grunde, welche man bei Dachstühlen, Brückenbogen u. dergl. anbringt, bei welchen keine Pfeiler zum Tragen gestattet werden können, nur dass in beiden Fällen die gleichgeformten Theile entgegengesetzte Lage — nach oben oder unten — haben, weil bei dem Waagebalken die Last an den Enden zieht und denselben mit den Enden abwärts biegen will, bei Dachstühlen u. dergl. aber die Last oben drückt und daher mittelst der Stützen den unteren Theil in der Mitte zu krümmen strebt.

Die Welle wird stets aus Stahl gefertigt und sehr gut gehärtet. Man lässt sie nach unten in eine scharfe, höchstens 60 Grad im Winkel haltende Schneide auslaufen, welche genau auf der Ebene des Balkens senkrecht steht. Die Pfannen, in denen sich die Welle bewegt, macht man eben oder etwas hohl, aus hartem Stahle oder noch besser aus einem harten Steine, z. B. aus Achat.

Die Aufhängepunkte der Schaalen sind gewöhnlich mit eigenen, nach oben scharf zulaufenden Stiften bezeichnet, an welche die Schaalen mittelst Haken gehängt werden, so dass sie dem Zuge der Schwerkraft folgen können. Bei genauen Waagen sind überdies die Aufhängepunkte durch Federn mittelst Schrauben genau einstellbar.

Die Zunge soll auf dem Balken und der Welle senkrecht stehen. Meistens ist sie nach oben gerichtet und spielt zwischen der Scheere,

die stets von selbst vertical hängt und oft eine kleine verticale Spitze als Gegenzunge hat, deren Uebereinstimmung mit der Zungenspitze die horizontale Lage des Balkens anzeigt. Häufig ist die Zunge abwärts gerichtet und spielt dann über einem Bogen, der an dem dann vorhandenen Träger der Welle und ganzen Waage angebracht ist. In diesem Falle muss der Träger lothrecht stehen, was mittelst einer Libelle oder einem Bleilothe und mit Hilfe von Stellschrauben, die an dem Fusse des Trägers angebracht sind, geschieht. Bei manchen Waagen vertritt ein Arm des Balkens die Zunge, indem er in eine Spitze ausläuft und vor einem eingetheilten Kreisbogen spielt.

Bei feinen Waagen ist der Schwerpunkt verschraubbar. Bei abwärts gerichteter Zunge ist auf der Oberseite des Waagebalkens der Zunge entgegengesetzt eine Schraube angebracht, deren Mutter sowohl als Gegengewicht für die Zunge dient, als auch durch ihre Verschiebung den Zweck der Veränderung des Schwerpunktes erfüllt. Bisweilen sind zwei Schraubenmuttern auf derselben Spindel, so dass man beiden oder nur der einen eine andere Stellung geben kann. An manchen Waagen ist die ganze Welle in einem Schlitten auf- und abbewegbar, um den Schwerpunkt zu verlegen.

Die Schaalen hängen an Schnüren, oder an Ketten, oder am zweckmässigsten an dicken Drähten, da man diesen leicht ein bestimmtes Gewicht geben und sie dabei erhalten kann. Die Schaalen selbst macht man am besten flach mit aufgebogenem Rande.

Eine empfindliche Waage soll stets so eingerichtet sein, dass der Balken sofort von den Pfannen abgehoben und auf diese wieder herabgelassen werden kann. Es geschieht dies durch die sogenannte Arretirung (Feststellung) und dient namentlich zur Schonung der Wellenschneide. So lange die Waage ausser Dienst ist, soll sie arretirt sein: ausserdem ist es zweckmässig, dieselbe in einen Glaskasten einzuschliessen, der sich an der Vorderseite der Waage öffnen lässt, um sie gegen Staub u. dergl., auch beim Wiegen gegen Luftzug zu schützen. Ueberhaupt ist auf Conservirung einer Waage alle mögliche Sorgfalt zu verwenden; namentlich darf man aber nicht glauben, dass eine Waage richtig sei, wenn sie einen Aichungsstempel trägt, der nur aussagt, dass in dem Augenblicke der nach vorangegangener Prüfung vollzogenen Stempelung die Waage die Prüfung bestanden hat.

Um bei feineren Waagen noch möglichst kleine Gewichtstheile zu ermitteln, ist meistens der Abstand der Wellenschneide von einem Aufhängepunkte der Waagschaalen in 10 gleiche Theile getheilt, und ein kleines Gewicht, z. B. 1 Milligramm in Form eines gebogenen Drahtes, giebt dann, nach dem Gesetze vom Hebel, an einem von der Welle an gezählten Theilstriche aufgehangen noch ebensoviel Zehntel seines Gewichtes, also z. B. Zehntelmilligramme an.

5) Soll eine ganz scharfe Abwägung vollzogen werden, so ist

jedesmal vorher die Waage zu prüfen. Dies ist einerseits zeitraubend, andererseits könnte sich herausstellen, dass die Waage an einem Mangel leidet, dem nicht sofort abzuhelfen ist. — Bestände der aufgefundene Fehler nur darin, dass die Waagearme ungleiche Länge haben, so wiege man den Körper zweimal ab, nämlich auf jeder der beiden Schaalen, und ziehe aus dem Producte der beiden gefundenen Gewichte die Quadratwurzel. Ergiebt sich nämlich das eine Mal P als Gewicht, wenn P in der Schaale liegt, deren Waagearm $= a$ sei, während der andere $= b$ ist, so erhält man für das zu suchende richtige Gewicht $x : P = a : b$; ergiebt sich aber das andere Mal Q als Gewicht, so erhält man $x : Q = b : a$. Im ersten Falle ist also $x = P . \frac{a}{b}$, im zweiten $x = Q . \frac{b}{a}$; folglich ist $x^2 = P . Q$. — Wir machen hierbei noch darauf aufmerksam, dass man nicht etwa durch das arithmetische Mittel der beiden verschiedenen Gewichte, also nicht durch $\frac{P + Q}{2}$, das richtige Gewicht, sondern etwas zu viel erhält. — Will man eine Waage nicht erst prüfen, ist man aber von ihrer Empfindlichkeit überzeugt, so ist das beste Verfahren, eine scharfe Abwägung zu erhalten, das von Borda angegebene und nach demselben benannte, nämlich Borda's Verfahren der doppelten Abwägung. Es besteht dies, also auch bei sonst fehlerhaften Waagen empfehlenswerthe, Verfahren darin, dass man den zu wiegenden Körper in eine Schaale legt und dann die Zunge dadurch zum Einstehen bringt, dass man die andere Schaale durch irgendwelche Körper, z. B. Schrotkugeln, Papierschnitzel etc. beschwert; nach erreichtem Gleichgewichte entfernt man den zu wiegenden Körper und legt an seine Stelle Gewichtsstücke, bis wieder die Zunge einsteht. Es leuchtet ein, dass dann die Gewichtsstücke genau das Gewicht des Körpers ergeben, da sie dessen Stelle eingenommen haben.

B. Federwaage. Die Federwaagen gründen sich wie das Feder-Dynamometer (s. Art. Dynamometer) auf die Elasticität des Stahles. Es gehört hierher die Heuwaage. Diese besteht aus einer ovalen, an den Enden offenen starken Stahlfeder; in der Mitte derselben, den Enden gegenüber, ist nur an einem Punkte eine Platte befestigt, auf welcher die Scala verzeichnet ist; die beiden freien Enden greifen etwas über einander; das obere und zwar innere enthält einen Schlitz, an dem anderen ist ein durch diesen Schlitz gehender, sich gabelförmig spaltender und die Scalenscheibe zwischen sich fassender Zeiger scharnierartig befestigt; an der oberen Biegung der Feder sind gewöhnlich 2 Ringe oder Haken und an der unteren ebenso zwei Haken angebracht, diese zum Anhängen des zu wiegenden Körpers, jene zur Befestigung der Waage. Hängt man die Waage an dem Ringe auf, welcher dem freien Ende zunächst ist und desgleichen den Körper an dem nächsten Haken,

so werden die Enden mit geringerer Kraft auseinander gezogen, als wenn der andere Ring und Haken benutzt werden. Hierauf gründet sich die Verwendung der Waage für leichtere und schwerere Körper. Die Scala wird empirisch durch Anhängung bekannter Gewichte bestimmt und es werden dabei die beiden Plattenflächen für die beiden eben angegebenen Fälle benutzt. Die eine Scala reicht gewöhnlich bis zu 30 Pfund, die andere bis zu 120 Pfd. — Eine andere Federwaage enthält als wesentlichen Theil eine spiralförmig gewundene Stahlfeder, durch deren Axe ein Stift geht, der oben durch einen Kopf an dem Federende anliegt, unten an dem aus der Spirale heraustretenden Ende eine Waagschaale, oder auch nur einen Haken trägt. Die Spirale ist in einer Hülse, welche der Länge nach einen Schlitz enthält, neben welchem die Gewichtsscala angebracht ist, auf welche eine mit dem Stifte in Verbindung stehende Spitze zeigt.

Da die Elasticität des Stahles nicht unveränderlich ist und überdies kleine Gewichtsunterschiede nicht gehörig angezeigt werden, so kann man diese Waagen nur da verwenden, wo es auf Schnelligkeit, aber nicht auf Genauigkeit ankommt.

Waage, electrische, s. Art. Drehwaage, electrische.

Waage, hydrostatische, nennt man gewöhnlich eine Krämerwaage (s. Art. Waage. A.), deren Schaalen unten mit Haken versehen sind, um Körper anhängen zu können, welche in einer Flüssigkeit abgewogen werden sollen. — Wegen der hydrostatischen Waage von Tralles s. Art. Aräometer. A. S. 37.

Waagebalken, s. Art. Waage. A. 1 und 4.

Waagemanometer oder Guericke'sches Manometer, s. Art. Dasymeter.

Waagerecht oder wasserrecht oder horizontal ist die Richtung, welche auf vertical steht. Vergl. Art. Libelle, Setzwaage und Wasserwaage.

Waageschaalen, s. Art. Waage. A. 1 und 4.

Wachsfass heisst ein hölzernes Fass oder ein Bottich zur Krystallbildung im Grossen, z. B. bei der Alaunfabrikation. S. Art. Krystallogenie.

Wachttafel oder Loggtafel, s. Art. Log.

Wackler, Trevelyan's, s. Art. Trevelyan-Instrument.

Wägbar oder ponderabel, s. Art. Imponderabilien.

Wägen oder wiegen, s. Art. Waage, namentlich A. 5.

Wälzende Reibung, s. Art. Reibung.

Wärme. A. Fassen wir irgend einen Körper an, so erregt derselbe in unserem Gemeingefühle eine eigenthümliche Empfindung. Wir sagen von dem Körper entweder, er sei heiss, oder warm, oder lau, oder kalt, oder eisig. Die Erfahrung zeigt, dass nicht etwa blos verschiedene Körper diese verschiedenen Empfindungen erregen, sondern

dass auch ein und derselbe Körper im Stande ist, sie unter verschiedenen Umständen hervorzurufen, wie vielfache und nahe liegende Beispiele bestätigen.

Um das angegebene verschiedene Verhalten der Körper zu unserem Gemeingefühle zu erklären, nahm man früher zu einem besonderen Stoffe seine Zuflucht, der nicht nur in dem angefassten Körper, sondern auch in unserem eigenen sich befinden sollte. Diesen Stoff nannte man Wärmestoff oder Wärmematerie oder auch schlechthin Wärme. Der Wärmestoff müsste untastbar und unwägbar (s. Art. Imponderabilien) sein und aus einem Körper in einen anderen übergehen können, wobei der Körper, welcher noch Wärmestoff erhielte, wärmer, der hingegen, welcher Wärmestoff verlöre, kälter würde. Das Vorhandensein eines solchen besonderen Wärmestoffes ist mehr als unwahrscheinlich geworden, jetzt eigentlich schon gänzlich aufgegeben. Diese Annahme genügte nur, als man einen noch beschränkten Kreis von Erscheinungen kannte, welche sich auf dieselbe zurückführen liessen; jetzt ist dieselbe nur noch als ein wenig zu empfehlender Nothbehelf bei der elementaren Behandlung der Wärmelehre hier und da im Gebrauch. Wo eine Veränderung im Zustande eines Körpers, eine Einwirkung auf unsere Sinne — sollte dabei auch nur einer der Sinne in Betracht kommen — stattfindet, da muss eine besondere Ursache vorhanden sein, weil kein Körper seinen Zustand von selbst verändern kann (s. Art. Beharrungsvermögen); aber um diese Ursache zu ergründen, muss man erst eine gewisse Summe von Erscheinungen zu gewinnen suchen, welche von derselben Ursache bedingt werden und unter sich in ursächlichem Zusammenhange stehen. Ist man noch nicht so weit gediehen, dass man mit einer gewissen Zuversicht eine das Richtige treffende Annahme machen kann, so bezeichne man die unbekannte Ursache vorläufig mit einem Namen (vergl. Art. Hypothese). Im vorliegenden Falle würde sich das Wort Wärmewesen empfehlen, jedoch braucht man gewöhnlich dafür schlechthin Wärme, womit freilich auch eine Empfindung bezeichnet wird. Die Franzosen unterscheiden zweckmässig *calorique* als wirkende Ursache und *chaleur* als Wirkung der Wärme. Nehmen wir an, dass jeder Körper in jedem Augenblicke einen gewissen Gehalt an Wärmewesen besitzt; dass dies Wärmewesen aus einem Körper in einen anderen übergehen kann; dass die mit einander in unmittelbarer oder mittelbarer Berührung stehenden Körper das Bestreben haben, die in ihnen vorhandene Menge des Wärmewesens unter sich gleichmässig zu vertheilen: so erklären sich z. B. die im Eingange dieses Artikels angegebenen fünf verschiedenen Abstufungen eines Körpers einfach, so fern der Körper wärmer wird, in welchen noch Wärmewesen übergeht, derjenige hingegen kälter, in welchem eine Verminderung desselben eintritt. Fühlt sich nämlich ein Körper warm an, so können wir sagen, er habe verhältnissmässig mehr Wärmewesen als unser Körper

und gebe diesem etwas davon ab; fühlt er sich kalt an, so habe er verhältnissmässig weniger Wärmewesen als unser Körper und entziehe diesem etwas; fühlt er sich heiss oder eisig an, so betrage der Unterschied in dem Gehalte an Wärmewesen des angefassten und unseres eigenen Körpers verhältnissmässig viel und im ersten Falle gebe und im anderen Falle entziehe der angefasste Körper dem unsrigen in kurzer Zeit viel davon; fühlt er sich lau an, so sei der Unterschied in dem Gehalte an Wärmewesen unbedeutend oder es sei gar kein solcher vorhanden. — Wir sehen hieraus, dass wir aus der Annahme eines und desselben Wärmewesens nicht nur die Empfindung des Wärmerseins, sondern auch des Kälterseins erklären können. Wir haben daher nicht nöthig — wie man versucht sein könnte — noch ein besonderes Kältewesen anzunehmen. Das Wort Kälte bezeichnet stets nur eine gewisse Empfindung und auch das Wort Wärme sollte man nur zur Bezeichnung der Empfindung des Wärmewesens gebrauchen und nicht zugleich zu der Bezeichnung der Wärmeursache.

Im Jahre 1842 machte der Arzt Mayer in Heilbronn zuerst darauf aufmerksam, dass zwischen mechanischer Arbeit und Wärme ein Zusammenhang sein müsse, so dass eine bestimmte Arbeitsgrösse eine bestimmte Menge Wärme erzeuge und umgekehrt. Damit gab derselbe den Anstoss zu der sogenannten mechanischen Wärmetheorie, um die sich namentlich der Engländer Joule zuerst verdient gemacht hat. Näheres hierüber enthält Art. Wärmetheorie, mechanische und bemerken wir hier nur noch, dass bereits früher der Amerikaner Benjamin Thompson, — bekannter unter den Namen Graf Rumford, unter welchem ihn der Kurfürst von Baiern adelte — zu gleichen Resultaten gelangte, ohne indessen bleibenden Erfolg zu gewinnen. Vergl. auch Art. Dynamide.

B. Wir haben bereits hervorgehoben, dass um das Wesen des den Wärmeerscheinungen zu Grunde liegenden Princips zu erforschen, zunächst die Wirkungen einer näheren Untersuchung unterzogen werden müssten. Bevor wir auf diese eingehen, bemerken wir jedoch noch, dass wir den jedesmaligen Zustand eines Körpers, in welchem er sich gemäss seines Gehaltes an Wärmewesen befindet, seine Temperatur nennen, und dass zur genauen Bestimmung dieser Temperatur — da unser Gefühl nicht ausreichend ist, auf dieselbe mit Zuverlässigkeit zu schliessen — besondere Instrumente, sogenannte Thermometer (s. s. Art.), construirt worden sind.

C. Die Wirkungen des Wärmewesens sind nun, wenn wir die Körper als einzeln stehend und nicht auf einander durch ihr Wärmewesen einwirkend betrachten, folgende.

1) Volumenveränderungen. Als allgemeines Gesetz gilt hier, dass die Körper durch Temperaturveränderung eine Volumenveränderung erleiden und zwar im Allgemeinen das Bestreben, durch Tempe-

raturerhöhung sich in einen grösseren Raum auszudehnen, aber durch Temperaturerniedrigung sich in einen kleineren Raum zusammenzuziehen, erhalten. Das Nähere hierüber enthält der Artikel Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Wir bemerken hier nur noch, dass diese Wirkung vorzugsweise zur Construction der Thermometer verwendet wird.

2) Aggregatsveränderungen. Hier lautet das allgemeine Gesetz: Durch hinlängliche Temperaturveränderung erleiden die Körper eine Aggregatsveränderung, und zwar wird bei hinlänglicher Temperaturerhöhung ein fester Körper tropfbarflüssig und ein tropfbarflüssiger luftförmigflüssig; bei hinlänglicher Temperaturerniedrigung aber ein luftförmigflüssiger Körper tropfbarflüssig und ein tropfbarflüssiger fest.

Wegen des Ueberganges fester Körper in den tropfbarflüssigen Zustand, welchen Vorgang man gewöhnlich Schmelzen nennt, s. Art. Schmelzen.

In Betreff des Ueberganges tropfbarflüssiger Körper in den festen Zustand gilt, dass dieser im Allgemeinen eintritt, sobald die Temperaturerniedrigung den Schmelzpunkt überschreitet (s. Art. Schmelzen). Hierbei bemerken wir, dass Gay-Lussac Wasser noch bei —12° C. flüssig gefunden hat, wenn es gegen Erschütterungen geschützt war: Mousson sogar noch bei —20° C. unter einem Drucke von einigen tausend Atmosphären. — Viele Körper, welche in gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig oder erst aus dem luftförmigen Zustande in den tropfbarflüssigen übergeführt sind, kann man noch nicht in den festen Zustand versetzen. Dies gilt z. B. von Essigäther, Chlor etc.; Kohlensäure kennt man in allen drei Aggregatzuständen (vergl. Art. Natterer-scher Apparat). — Geschieht die Erkaltung langsam und ohne störende Bewegung, so entstehen gewöhnlich Krystalle, sonst zeigt sich höchstens krystallinisches Gefüge. Man kann diesen Unterschied leicht bei Zucker, Alaun, Salz und dergl. beobachten. Wir machen aber noch besonders aufmerksam, dass auch eine verschiedene Festigkeit hierbei die Folge ist, wie man dies in Betreff des Glases recht deutlich an den schnellgekühlten Bologneser Flaschen (s. Art. Flasche, Bologneser) und an den Glasthränen (s. d. Art.), in Betreff der Metalle an den gegossenen und geschmiedeten (s. Art. Tempern) wahrnimmt.

Bei dem Uebergange der Körper in den luftförmigen Zustand unterscheidet man Sieden oder Kochen und Verdunsten oder Verdampfen. Das Sieden ist der Uebergang tropfbarflüssiger Körper in den luftförmigen Zustand durch die ganze Masse hindurch unter wallender und zischender Bewegung. Das Nähere hierüber enthält Artikel Sieden. Unter Verdunsten versteht man den Uebergang in den luftförmigen Zustand sowohl bei festen, als tropfbarflüssigen Körpern an der Oberfläche ohne eintretende Bewegung und ohne Geräusch und zwar

bei festen Körpern mit Ueberspringung des tropfbarflüssigen Zustandes. Hierüber s. Art. Dampf und Dampfbildung, ausserdem vergleiche wegen des von manchen Seiten beliebten Unterschiedes zwischen Verdampfung und Verdunstung Art. Verdampfung.

Ein Uebergang luftförmigflüssiger Körper in den tropfbarflüssigen Zustand tritt bei Luftarten, welche aus tropfbaren Flüssigkeiten durch Wärmezuführung entstanden sind, dann ein, wenn man sie bis unter den den Umständen entsprechenden Siedepunkt abkühlt. Vergl. hierüber Art. Destillation. Ausserdem ist man im Stande viele sonst nur luftförmig auftretende Körper durch Abkühlung oder stärkeren Druck oder Beides vereint in den tropfbarflüssigen Zustand zu versetzen. Ueber die Gase, mit welchen das Letztere bisher gelungen ist, s. Art. Dampf. S. 175 und Gas; vergl. auch Art. Verdichten.

Als eine eigenthümliche, bei Aggregatsänderung durch die Wärme eintretende Erscheinung ist noch das Leidenfrost'sche Phänomen zu erwähnen, worüber ein besonderer Artikel ausführlichen Aufschluss giebt.

3) Als eine bei dem Uebergange eines Körpers aus dem niederen Aggregatzustande in den höheren, und umgekehrt aus dem höheren in den niederen eintretende Nebenerscheinung macht sich im ersteren Falle das Binden oder Latentwerden, im letzteren das Freiwerden oder Sensibelwerden der Wärme bemerkbar. Hierüber enthält Art. Gebundene Wärme das Nöthige und ausserdem liefern die Art. Wärmecapacität; Wärme, specifische und Calorimeter noch manchen Aufschluss.

4) Optische Veränderungen. Die optischen Erscheinungen, welche durch Temperaturveränderungen an den Körpern hervorgebracht werden, bestehen besonders in Aenderung der Farbe, im Leuchtend- und Glühendwerden. Die bestimmten Gesetze sind indessen meistens noch zu ermitteln.

Farbenveränderungen treten vorzugsweise bei zusammengesetzten Körpern ein; Schwefel, Phosphor und Selen sind vielleicht die einzigen einfachen; häufiger sind sie bei festen, als bei tropfbarflüssigen; bei luftförmigen kennt man bis jetzt nur einen Einfluss auf die salpetrige Säure. — Ueber das Verhalten des Schwefels s. Art. Schwefel. — Phosphor verwandelt sich, wenn man ihn unter Abschluss von Luft und Wasser längere Zeit in einem Oelbade, welches in einem Sandbade steht, auf 250° C. erwärmt, in rothen, sogenannten amorphen Phosphor, und sehr reiner Phosphor, auf 70° erwärmt und plötzlich stark abgekühlt, wird ganz schwarz. — Das rothe Selen schmilzt, wenn es trocken erhitzt wird, zu einer dunkelbleigrauen, metallisch glänzenden Masse. — In der Hitze wird rothes Quecksilberoxyd braunschwarz und gelbes basisch salpetersaures Quecksilberoxyd roth. — Rothes Quecksilberjodid wird durch Erwärmung königsgelb, und citrongelbes einfach chromsaures



Kali bei hoher Temperatur morgenroth. — Zinkoxyd, in niederer Temperatur milchweiss, wird stark erhitzt citrongelb. — Lösungen von Eisenoxydsalzen erscheinen bei höherer Temperatur bedeutend dunkler, z. B. saure salpetersaure Eisenoxydlösung, die gewöhnlich farblos ist, wird erwärmt röthlich gelb. — Die mit wasserfreiem Alkohol versetzten rothen Lösungen von Chlorkobalt und von Schwefelcyankobalt, ebenso phosphorsaures Kobaltoxyd färben sich beim Erhitzen blau. — Die Wolframsäure ist ein blass orangegelbes Pulver, welches in heftiger Hitze oder am Sonnenlichte grün wird. — Salzsaures Kobaltoxyd ist in der Kälte bräunlich gelb und wird bei Erwärmung blau. — Ueber die Farbenveränderungen des Stahls beim Anlassen desselben s. Art. Anlassen. Aehnlich verhält sich Mangan. — Die oben erwähnte salpetrige Säure ist bei —20° C. eine farblose Flüssigkeit, bei 0° wachsgelb, bei +15° orangefarben, noch mehr erhitzt sogar braunroth; sie kocht bei 28° und die luftförmige Säure ist orangeroth und wird bei höherer Temperatur dunkler. (Wir haben eine zahlreichere Zusammenstellung von hierher gehörigen Erscheinungen gegeben, weil in der Regel gerade diese Wirkung der Wärme weniger beachtet wird. Dieselbe scheint uns indessen von besonderer Wichtigkeit zu sein und namentlich Anhaltepunkte zu bieten, welche für eine Fluorescenz (s. d. Art.) durch Wärme sprechen.)

Für die meisten Körper scheint die Temperatur des anfangenden Glühens dieselbe zu sein. Einige zusammengesetzte Körper gerathen bei höherer Temperatur plötzlich in ein heftiges Erglühen. — Wegen der Glühtemperatur s. Art. Gluth; vergl. auch Art. Glühen. — Chromoxydhydrat, Zinkerdehydrat, antimonsaure Metallsalze, kieselsaure Yttererde, Titansäure, Tantalsäure etc. erglühen plötzlich.

5) Electrische und magnetische Wirkungen s. im Art. Thermoelectricität.

6) Akustische Wirkungen sind in folgenden Artikeln enthalten: Harmonika, chemische; Trevelyan-Instrument; Ton. B. und zwar das Tönen erhitzter Röhren.

7) Von chemischen Wirkungen, die theils in Zersetzungen, theils in Verbindungen bestehen, sehen wir hier plangemäss ab, wiewohl dieselben von der allergrössten Wichtigkeit sind.

D. Die Wirkungen des Wärmewesens, wenn wir die gegenseitige Einwirkung von Körpern verschiedener Temperatur betrachten, bestehen im Allgemeinen darin, dass die Temperatur des einen erhöht und die des anderen erniedrigt wird, bis beide dieselbe Temperatur zeigen oder im thermometrischen Gleichgewichte stehen. Ist dies eingetreten, so ändern beide unter dem Einflusse der Umgebung ihre Temperatur in gleicher Weise, so dass sie stets dieselbe Temperatur zeigen. Dies Gleichgewicht nennt man das bewegliche Gleichgewicht der Wärme.

Das Ausgleichen der Temperaturen, welches man im Allgemeinen als eine Mittheilung der Wärme von dem wärmeren Körper an den minder warmen bezeichnet, erfolgt entweder 1) durch Strahlung oder 2) durch Leitung oder 3) durch Bewegung. Hierbei macht sich eine ungleiche Fähigkeit der verschiedenen Stoffe für die Wärmeaufnahme geltend, welche 4) auf die Wärmecapacität führt.

1) Wegen der Mittheilung der Wärme durch Strahlung s. Art. Wärme, strahlende.

2) Wegen der Mittheilung der Wärme durch Leitung s. Art. Wärmeleitung.

3) Wegen der Mittheilung der Wärme durch Bewegung s. Art. Wärme, bewegte.

4) Die Wärmecapacität behandelt ein ebenso bezeichneter Artikel, der zugleich unter B. und C. das die specifische und relative Wärme Betreffende enthält, während die Bedeutung von Wärmeeinheit oder Calorie, auf welche man dabei geführt wird, im Art. Calorie angegeben ist.

E. Nachdem wir unter C. und D. die Wirkungen, welche die Wärme in den Körpern hervorbringt, angegeben und nachgewiesen haben, wobei wir auf die daraus sich ergebenden Erscheinungen und Anwendungen nicht näher eingehen konnten, da diese ihrerseits in besonderen Artikeln besprochen werden müssen, z. B. die vielfachen meteorologischen Erscheinungen (s. Art. Hygrometrie, Isothermen, Klima, Wind, Regen etc.), desgl. die Benutzung der Expansivkraft der Dämpfe (s. Art. Dampfmaschine, Digestor etc.); bleibt noch die Frage nach den Quellen der Wärme, und überhaupt nach den Mitteln, Temperaturveränderungen hervorzubringen, übrig.

Wärmequellen sind für uns die Sonne, die Electricität, der chemische Process und diejenigen physikalischen Vorgänge, bei denen ein Freiwerden von Wärme eintritt. Damit haben wir auch die Mittel zur Erzeugung höherer Temperaturen erhalten, nämlich 1) die Gesetze der Wärmemittheilung, namentlich die Wirkung der Sonnenstrahlen, die man durch Brenngläser oder Brennspiegel (s. diese Art.) verstärkt; 2) die Volumenverringerung der Körper durch Stoss oder Zusammendrückung, z. B. das pneumatische Feuerzeug (s. Art. Feuerzeug. S. 335), wohin auch die Wärmeerregung durch Reiben gehört; oder das Versetzen eines Körpers aus einem höheren Aggregatzustande in einen niederen, z. B. Dampfheizung (s. d. Art.). — Wir verweisen hierbei noch wegen der Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Art. Aktinometer, Heliothermometer und Sonne; ausserdem machen wir noch in Betreff der anderen Punkte beispielsweise darauf aufmerksam, dass man durch anhaltende Hammerschläge Eisen bis zum Glühen bringen kann, dass die Wilden durch Aneinanderreiben zweier Hölzer Feuer anmachen, dass Davy sogar zwei Stücken Eis bei einer Temperatur

unter 0° C. durch Reiben zum Schmelzen brachte, dass die Phosphorstreichhölzer durch Reibung sich entzünden, dass gebrannter Kalk beim Löschen in Folge von Aufnahme von Wasser, welches er gewissermassen aus dem tropfbarflüssigen Zustande in den festen überführt, sich erhitzt, dass dasselbe beim Festwerden des mit Wasser angerührten Gypses geschieht, dass Wasser durch Absorption von Salzsäuregas (464 Quart auf 1 Quart Wasser) bis auf 100° C. erwärmt werden kann etc. Das Verbrennen als gewöhnliches Mittel der Wärmeerzeugung möge als Beispiel eines chemischen Processes genügen, ebenso das Anzünden des Schwefeläthers durch einen electrischen Funken als Beispiel für die Electricität als Wärmequelle, wofür allerdings schon das Zünden des Blitzes spricht (s. auch die electrische Lampe im Art. Feuerzeug. S. 335).

Wärme, bewegte (s. Art. Wärme. D). Bei tropfbarflüssigen Körpern tritt bei Erwärmung von unten oder Abkühlung von oben eine Bewegung der Flüssigkeitstheilchen ein, da im ersten Falle die zunächst erwärmten unteren leichter werden und aufsteigen, im anderen die zunächst abgekühlten oberen schwerer werden und niederfallen. Hierdurch kommen die wärmeren und kälteren Theilchen in Berührung und theilen einander Wärme mit; ausserdem werden aber auch durch den Strom die entfernteren Theilchen in die Gegend geführt, welche der Erwärmung oder Abkühlung unmittelbar ausgesetzt ist, so dass auch sie unmittelbar diese Einwirkung erleiden. Dasselbe ist bei luftförmigen, nicht abgesperrten Flüssigkeiten der Fall. Die auf diese Weise herbeigeführte Mittheilung der Wärme nennt man Mittheilung durch Bewegung und die so mitgetheilte Wärme bewegte.

Von der Thatsache kann man sich überzeugen, wenn man Wasser, in welches Bernsteinpulver gestreut ist, in einem gläsernen Cylinder von unten erwärmt oder durch ein auf die Oberfläche gebrachtes Eisstück abkühlt. Im ersten Falle wird das Wasser verhältnissmässig schnell warm, im anderen schnell kalt und namentlich schmilzt das Eis sehr bald. Als Gegenversuch bietet sich das Abbrennen von Schwefeläther, welcher auf die Wasserfläche gegossen ist, und ein auf dem Boden eines Gefässes befestigtes Stück Eis, welches mit warmem Wasser übergossen wird, dar. Im ersten Falle zeigt sich in geringer Tiefe unter der Oberfläche nach dem Verlöschen des Schwefeläthers keine eingetretene Temperaturerhöhung und ebenso wenig beobachtet man eine Bewegung in dem Bernsteinpulver; im anderen Falle dauert es sehr viel länger, ehe das Eis schmilzt, und von einer Bewegung ist ebenfalls nichts zu merken. — Für die Bewegung in der Luft spricht die bekannte Thatsache, dass eine Kerzenflamme, welche man in den oberen Theil einer geöffneten und zwei Zimmer von ungleicher Temperatur verbindenden Thür hält, nach dem kälteren Zimmer hingerichtet ist, während es in dem unteren Theile der Thür gerade umgekehrt erfolgt; denn oben strömt die wärmere Luft

aus dem wärmeren Zimmer aus, da sie empor dringt, und unten strömt kältere ein.

Es erklärt sich hieraus, wie durch das Heizen des Ofens die Luft im ganzen Zimmer warm wird; warum es in einem geheizten Raume in den oberen Schichten wärmer ist als in den unteren; woher der Luftzug kommt, wenn Feuer angemacht wird; warum der Rauch in einem Schornsteine in die Höhe steigt, obgleich er aus festen Stoffen des Brennmaterials besteht; warum ein auf eine Lampe gesetzter Glascylinder die Rauchverzehrung und überhaupt ein besseres Brennen befördert; warum sich breiartige Speisen lange warm erhalten etc. Vergleiche überdies, was im Art. Eis. S. 247 über die Eisbildung auf ruhigen und fliessenden Gewässern gesagt ist; ebenso Art. Wind.

Wärme, gebundene oder latente, s. Art. Gebundene Wärme.

Wärme, relative, } s. Art. Wärmecapacität B und C
Wärme, specifische, } und Calorimeter.

Wärme, strahlende (s. Art. Wärme. D). 1) Wenn Körper von verschiedener Temperatur aus der Ferne auf einander einwirken, wobei es gleichgültig ist, ob die Entfernung klein oder gross ist, und sich dieselben in das thermometrische Gleichgewicht zu setzen suchen, so sagt man, es finde zwischen ihnen Mittheilung durch Strahlung statt, und nennt die so mitgetheilte Wärme strahlende. — Mariotte scheint 1682 zuerst auf die Erscheinung aufmerksam geworden zu sein; aber der Schwede Scheele lieferte die ersten Untersuchungen und bediente sich der Bezeichnung strahlende Wärme. Von der Thatsache kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Gesicht gegen die Gluth eines Feuers kehrt, indem man diese dann fühlt, während dies nicht geschieht, wenn man das Gesicht abwendet. Es folgt hieraus, dass die Luftschicht, in welcher sich das Gesicht befindet, selbst nicht glühend ist, sondern dass die Empfindung nur durch die Wirkung der Strahlen erregt wird, welche von dem Feuer ausgehen und auf das Gesicht fallen.

2) Jeder Körper strahlt bei jeder Temperatur Wärme aus. — Es zeigt sich dies z. B. daran, dass Eis von — 5° oder 0° C. in einem Zimmer, dessen Temperatur noch niedriger, z. B. — 15° C. ist, auf das Differentialthermometer (s. d. Art.) erwärmend wirkt.

3) Die Fortpflanzung der strahlenden Wärme erfolgt sowohl durch den luftleeren, als auch lufterfüllten Raum. Es verhält sich in dieser Beziehung die Wärme wie das Licht. Ebenso sind bei dem Auftreffen auf und bei dem Durchgange durch andere Körper für die strahlende Wärme im Allgemeinen dieselben Gesetze wie für das Licht gültig. — Dass die strahlende Wärme in Bezug auf die Reflexion (s. Art. Katoptrik) denselben Gesetzen wie das Licht folgt, zeigt der Pictet'sche Versuch (s. d. Art.). Wegen der Brechung oder Refraction der Wärme-

strahlen s. Art. Brechung. C. S. 122; wegen der Inflexion Art. Inflexion. C. S. 500 und 501: wegen der Polarisation Art. Polarisation. C. S. 252 bis 254. In Bezug auf die Wärmeverhältnisse des Spectrums s. Art. Spectrum.

4) Für verschiedene Körper von derselben Temperatur ist die Menge der ausgestrahlten Wärme verschieden. Man schreibt daher jedem Körper ein besonderes Wärme-Ausstrahlungs- oder Wärme-Emissionsvermögen zu. Dies Emissionsvermögen ist um so stärker, eine je höhere Temperatur der Körper besitzt, und je rauher, je lockerer und je dunkler seine Oberfläche ist. Ausserdem ist dasselbe bei metallischen Flächen unter sonst gleichen Umständen weniger stark, als bei nicht metallischen. — Zur Bestätigung dienen Versuche mit dem Leslie'schen Würfel (s. d. Art.). Rumford nahm zwei gleiche Messingcylinder, von denen der eine mit verschiedenen Stoffen überzogen wurde; kühlte sich der unbedeckte in 55 Minuten um 10 Grad ab, so geschah dies bei dem mit Leinwand überzogenen in 36,5 Minuten; überstrich er den einen mit einer Lage Firniss, so trat in 31 Min., mit zwei Lagen in 25,25 Min., mit vier Lagen in 20,75 Min. und mit acht Lagen in 24 Min. dieselbe Temperaturabnahme ein, wie bei dem nicht gefirnissten in 45 Minuten. Nach Leslie und Melloni sind die Werthe für das Emissionsvermögen folgende:

Russ, Wasser und Bleiweiss	100.	Reissblei	75
Schreibpapier	98.	Gummilack	72
Siegellack	95.	Angelaufenes Blei	45
Crownglas	90.	Quecksilber	20
Chinesische Tusche . . .	88.	Glänzendes Blei	19
Eis, Hausenblase . . .	85.	Polirtes Eisen	15
Mennig, Marienglas . . .	80.	Zinn, Silber, Kupfer, Gold .	12

Nach Melloni und Knoblauch strahlen die Metalle um so weniger aus, je mehr die Oberfläche durch Hämmern, Walzen, Poliren etc. härter und dichter gemacht ist. Daher besitzt gegossenes Metall ein grösseres Emissionsvermögen als gehämmertes; eine gehämmerte und polirte Silberplatte strahlt weniger aus, als wenn sie nachher geritzt wird, umgekehrt ist es bei einer gegossenen und dann geritzten Silberplatte. Bei Achat, Elfenbein, Marmor bewirkt das Ritzen keinen Unterschied. Nach Knoblauch scheint das Emissionsvermögen unabhängig zu sein von der Wärmequelle, welche den ausstrahlenden Körper durch Strahlung erwärmt hat.

Dass die Emission bei der Abkühlung oder Erkaltung der Körper eine Hauptrolle spielt, versteht sich nach dem Vorstehenden eigentlich von selbst. Es ist dies in Betreff mancher meteorologischen Erscheinungen besonders wichtig und machen wir besonders auf die Artikel Reif und Thau aufmerksam. Nach dem sogenannten Newton'schen Abkühlungsgesetze verliert jeder Körper in jedem Augenblicke eine Wärmemenge, welche dem Ueberschusse seiner Temperatur über die der

Umgebung proportional ist. Dies Gesetz gilt indessen nur bis zu Temperaturdifferenzen bis höchstens 50° C. und wohl namentlich deshalb, weil ausser der Emission auch unmittelbare Mittheilung der Wärme an die Umgebung stattfindet. Vergl. überdies Art. Wärmeausstrahlung.

5) Ein von strahlender Wärme getroffener Körper nimmt unter sonst gleichen Umständen mehr oder weniger von derselben auf und erwärmt sich daher auch mehr oder weniger. Man schreibt deshalb jedem Körper ein besonderes Wärme-Verschluckungs- oder Wärme-Absorptionsvermögen zu. Die übrigen Wärmestrahlen, deren Menge also für verschiedene Körper ebenfalls verschieden ist, wirft der Körper entweder regelmässig oder unregelmässig zurück, und zwar unter verschiedenen Umständen in verschiedenem Grade, so dass man ein besonderes Wärme-Zurückwerfungs- oder Wärme-Reflexionsvermögen und ebenso ein besonderes Wärme-Zerstreuungs- oder Wärme-Diffusionsvermögen unterscheiden muss. Ausserdem gehen unter Umständen auch Wärmestrahlen durch verschiedene Körper in grösserer oder geringerer Menge durch, so dass sich auch noch ein besonderes Wärme-Durchlassungs- oder Wärme-Transmissionsvermögen geltend macht. Absorption, Reflexion, Diffusion und Transmission können unter Umständen gleichzeitig an demselben Körper eintreten.

a) Das Absorptionsvermögen ist unter sonst gleichen Verhältnissen um so grösser, je rauher, lockerer und dunkeler die Oberfläche des Körpers ist. Es stimmt das Absorptionsvermögen mit dem Emissionsvermögen überein und Alles, was das eine steigert oder schwächt, steigert oder schwächt auch das andere, nur die Wärmestrahlen verschiedener Wärmequellen bedingen einen Unterschied, wie namentlich Knoblauch mittelst einer Argand'schen Lampe und eines dunklen erhitzten Metallcylinders nachgewiesen hat, indem bei gleicher Intensität beider Strahlungen eine mit Carmin überzogene Metallfläche durch letztere Wärmequelle stärker erwärmt wurde, als durch die erstere. Auch die Versuche von Baden-Powell und Melloni bestätigen dies. Namentlich erhielt der Letztere folgende Resultate:

Name des absorbirenden Körpers.	Wärmequellen.		
	Glühendes Platin.	Kupfer von 400° C.	Kupfer von 100° C.
Kienruss	100	100	100
Bleiweiss	56	89	100
Hausenblase	54	64	91
Tusche	95	87	85
Gummilack	47	70	72
Blanke Metallfläche	$13^1/_2$	13	13

Benj. Franklin legte gleich grosse Tuchläppchen von verschiedenen Farben bei hellem Sonnenscheine auf Schnee und fand nach einigen Stunden das schwarze am tiefsten eingesunken, das dunkelblaue weniger und so immer weniger, je heller die Farbe war, bis zum weissen. Im Allgemeinen kann man die unter No. 4 aufgestellte Reihe auch für die Absorption nehmen, da ein Körper, welcher schneller als ein anderer erkaltet, auch umgekehrt schneller warm wird. S. überdies im Folgenden d) über das Transmissionsvermögen.

Aus dem ungleichen Absorptionsvermögen erklären sich zahlreiche Erscheinungen, z. B. dass sich etwas berusster Schwefel sehr schnell in dem Brennpunkte eines Brennglases oder Brennspiegels entzündet, desgleichen dunkles Papier schneller als weisses; dass man im Sommer für die Kleidungsstücke helle Farben vorzuziehen hat, während diese im Winter, wo die Sonne nur kurze Zeit scheint, gleichgültig sind, wenn nur möglichst schlechte Wärmeleiter (s. d. Art.) gewählt werden: dass dunkle Tücher in der Sonne schneller trocknen, als sonst gleiche helle; dass man Schiffe, welche nach tropischen Ländern gehen sollen, hell anstreichen muss etc. Vergl. noch Art. Wärmeabsorption.

b) Das Reflexionsvermögen ist — wie bei dem Lichte — um so grösser, je polirter die Oberfläche und ausserdem je härter und heller dieselbe ist.

c) Das Diffussionsvermögen nimmt mit der Rauhigkeit zu.

In Betreff des Reflexionsvermögens fand Leslie folgende Reihe:

Messing	100	Glas	10
Silber	90	Mit Quecksilber befeuchtetes Zinn	10
Zinnblech	80	Geöltes Papier . . .	5
Stahl	70		
Blei	60		

Es erklärt sich z. B. hieraus, warum man Brennspiegel nicht aus Glas, sondern aus Metall zu verfertigen hat. Glas absorbirt viel Wärmestrahlen, durch die es erwärmt wird, reflectirt aber sehr wenig. Ein metallener berusster Sammelspiegel verhält sich wie ein gläserner.

Wir machen in Hinsicht auf das Reflexionsvermögen der Körper noch besonders darauf aufmerksam, dass dasselbe im Allgemeinen sich gerade umgekehrt wie das Absorptionsvermögen derselben verhält. Was ein Körper an Wärmestrahlen nicht absorbirt, wird er im Allgemeinen — nämlich abgesehen von Diffusion und Transmission — reflectiren. — Von der Diffusion der Wärmestrahlen kann man sich überzeugen, wenn man durch eine kleine Oeffnung Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen lässt und auf einer Wand auffängt. Ebenso wie es für die Diffusion des Lichtes spricht, dass man die helle Stelle auf der Wand von allen Seiten her sieht, spricht für die Diffusion der Wärmestrahlen,

dass derselbe Fleck in allen Richtungen auf die Thermosäule (s. Art. Thermomultiplicator) wirkt und die Wirkung sofort aufhört, sobald man das Licht nicht mehr in das Zimmer eintreten lässt.

d) Das Transmissionsvermögen steht mit der Durchsichtigkeit in keiner Beziehung. Wärmestrahlen verschiedener Quellen, welche direct gleiche Temperaturerhöhung hervorbringen, durchdringen eine und dieselbe Substanz in ungleichen Verhältnissen. Strahlen derselben Quelle, welche verschiedene Substanzen nach einander durchdringen, erleiden Verluste, die nach der Natur der Körper verschieden und stets grösser sind, als beim Durchgange durch gleichartige Körper. Der Verlust an durchstrahlter Wärme ist um so geringer, je grössere Schichten der Substanz schon durchdrungen sind. — Einen Körper, welcher die Wärmestrahlen vollkommen durchlässt, nennt man diatherman; einen solchen, welcher gar keine durchlässt, sondern alle verschluckt oder zurückwirft, gewöhnlich atherman, besser adiatherman. — Manche Körper lassen gewisse Wärmestrahlen vorzugsweise durch und absorbiren andere vorzugsweise. Diese Eigenschaft nennt man Diathermansie oder Thermanismus oder Thermochrose oder Wärmefarbe, und Wärmestrahlen, welche nur von gewissen Körpern durchgelassen werden, thermanisirt oder thermochroisch, endlich die Wärmequelle thermanisirend. Es liegt dieser Bezeichnungsweise, namentlich den Ausdrücken Thermochrose und thermochroisch, eine Vergleichung der Wämestrahlen mit den Lichtstrahlen zu Grunde. Ein diathermaner Körper verhält sich zur strahlenden Wärme wie vollkommen durchsichtiges Glas zum Lichte; hingegen die nicht vollständig diathermanen Körper verhalten sich zur Wärme wie farbige Mittel zum Lichte, so dass man ebenso von einer Wärmefarbe oder Thermochrose sprechen kann, wie bei den farbigen durchsichtigen Mitteln von der Lichtfarbe. Wie eine Farbe die vollkommene Durchsichtigkeit eines Mittels unmöglich macht, so ist auch die Diathermansie ein Hinderniss der Diathermanität.

In Betreff der Transmission der Wärmestrahlen ist noch Manches zu untersuchen. Nach Melloni, der sich hier ganz besondere Verdienste erworben hat, gingen von 100 Wärmestrahlen, welche auf gefärbte Gläser fielen, folgende Mengen durch:

tiefviolett	53	hellviolett	45
gelblichroth	53	hellblau	42
purpurroth	41	sehr dunkelblau	19
hochroth	47		

Beim Durchgange durch 4 ganz gleiche Glasplatten wurden von 1000 Wärmestrahlen aufgefangen: von der 1. Platte 381 Strahlen; von der 2. deren 43; von der 3. deren 18 und von der 4. deren 9.

Fallen Wärmestrahlen, welche durch eine Glasplatte bereits gegangen sind, auf eine Alaunplatte, so werden sie vollständig absorbirt,

obgleich eine Alaunplatte fast alle Wärmestrahlen durchlässt, die vorher durch eine Platte von Citronsäure gegangen sind. Alaun besitzt also Diathermansie.

Um über das verschiedene Transmissionsvermögen verschiedener Körper einen Anhalt zu geben, lassen wir eine Transmissionstabelle folgen, bei welcher zugleich verschiedene Wärmequellen in Betracht kommen.

Name des durchlassenden Körpers.	Wärmequellen, je 100 Wärmestrahlen ausstrahlend			
	Locatellische Lampe.	Glühende Platina-Spirale.	Geschwärztes bis 400° C. erwärmtes Kupferblech.	Geschwärztes bis 100° C erwärmtes Messingblech
Steinsalz	92	92	92	92
Flussspath, klar, farblos	78	69	42	33
Kalkspath	39	28	6	0
Spiegelglas	39	24	6	0
Bergkrystall	38	28	6	0
Gyps, krystallisirt	14	5	0	0
Citronsäure	11	2	0	0
Alaun	9	2	0	0
Schwarzes Glas, 1 Millim. dick	26	25	12	0
Schwarzer Glimmer	20	20	9	0
Eis	6	0	0	0

Die Dicke der Platten, mit Ausnahme des schwarzen Glases, betrug hierbei 2,6 Millimeter.

Steinsalz ist also am meisten diatherman und wird gewöhnlich als der diathermane Körper schlechthin bezeichnet, jedenfalls sehen wir, dass dasselbe die Wärmestrahlen aller Wärmequellen mit gleicher Leichtigkeit durchlässt; vergleiche indessen unten e) I — IV.

Bei der Untersuchung über die Transmission hat die Dicke der Platten einen wesentlichen Einfluss, weil dadurch namentlich die Grösse der Absorption bedingt wird. Bis zu einer noch nicht ermittelten Grenze nimmt die Absorption schnell zu, auch wird sie um so bedeutender, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle ist.

e) In neuerer Zeit hat namentlich Knoblauch in Halle die strahlende Wärme eifrig studirt und theilen wir daher die Resultate seiner Untersuchungen hier theilweis nach Poggendorff's Annal. Bd. 120 und 125 mit.

I. 1) Das chemisch reine klare Steinsalz lässt alle Arten von Wärmestrahlen in gleichem Verhältnisse hindurchdringen, mögen die-

selben von ungleichartigen Körpern diffus reflectirt, oder von verschiedenen diathermanen Körpern hindurchgelassen, oder von ungleichartigen Wärmequellen ausgegangen sein.

2) Bei dieser gegen alle elementaren Strahlen auf gleiche Weise geübten Absorption bestätigt sich, dass in dem Sonnenspectrum eines Steinsalzprismas das Wärmemaximum in den dunklen Raum jenseits des Roth fällt; innerhalb des sichtbaren Theils die Wärmeverhältnisse bei einem Steinsalz- und einem Flintglasprisma übereinstimmen.

II. 1) Durch rauhes wie durch trübes Steinsalz gehen die Wärmestrahlen der Sonne in geringerem Masse hindurch als die einer Argand-schen Lampe, diese in der Regel in geringerem Masse als die Strahlen einer Wärmequelle von 100° C. — Die Vermehrung der Rauheit schwächt die Durchstrahlung jeder Art von Wärme, aber sie beeinträchtigt hierbei am meisten die Sonnenwärme, weniger die der Lampe, am wenigsten die einer dunklen Wärmequelle.

2) Abgesehen von der auswählenden Absorption der Substanz übt bei matten Gläsern die rauhe Oberfläche, bei Milchgläsern die innere Trübung entsprechende Einflüsse aus.

3) Diese Erscheinungen sind weder (mit Forbes) auf eine, die qualitativ verschiedenen Wärmestrahlen ungleich betreffende Absorption, noch (mit Melloni) auf eine mit der Wärmefarbe zusammenhängende ungleiche Zerstreuung in den matten und trüben Medien, wodurch sie von dem Thermoskop mehr oder minder abgelenkt würden, zurückzuführen. — Auch ist die Rauheit der Oberfläche an sich, oder die Richtung der von einem einzigen Punkte ausgehenden Strahlen nicht das Bedingende.

4) Die in Folge der Durchstrahlung durch matte oder trübe Schirme oder der Reflexion von rauhen Flächen diffuse Wärme strahlt desto reichlicher durch diffundirende Schirme, a) je diffuser ihre Strahlen, b) im Vergleich mit parallelen Strahlen, je diffundirender die Schirme.

4) Ueberhaupt ist das wesentlich Bestimmende bei dem Durchgange durch jene Schirme, ob parallele oder von einer grösseren oder geringeren Anzahl von Punkten mehr oder minder mannigfach gerichtete Strahlen auf dieselben auffallen.

6) Für eine und dieselbe Wärmequelle nimmt dem entsprechend das betreffende Durchstrahlungsverhältniss (ungeachtet einer constanten, direct auf die Platten auffallenden Wärmemenge) mit der Entfernung der ersteren ab, und zwar desto schneller, je diffundirender der Schirm.

7) Durch geeignete Anordnung der Versuche ist es möglich, den unter 1) angeführten reichlicheren Durchgang der Wärmestrahlen von 100° im Vergleich mit denen der Lampe verschwinden zu lassen, ja selbst das Umgekehrte, nämlich eine reichlichere Durchstrahlung der Lampenwärme herbeizuführen.

III. 1) Bei dem Durchgange der strahlenden Wärme durch mit Russ

bedecktes Steinsalz findet eine (von Melloni behauptete) auswählende Absorption ohne Diffusion statt. Eine (von Forbes vermuthete) diffundirende Wirkung tritt niemals vermöge der rauhen Oberfläche der Russschicht, bisweilen in Folge eines Anlaufens der Steinsalzplatte bei dem Vorgange des Berussens ein.

2) Bei der Durchstrahlung durch dünne, auf Glas aufgetragene Metallschichten erfolgt die erstere, ohne die letztere.

3) Das Vorhandensein einer, bei der Durchstrahlung sich vollziehenden auswählenden Absorption wird am sichersten durch die Ermittelung erkannt, ob die Wärme vor und nach ihrem Durchgange durch die fragliche Substanz ihre Durchgangsfähigkeit, anderen (klaren) diathermanenen Körpern (mit glatter Oberfläche) gegenüber, ungeändert beibehält oder wechselt.

4) Eine diffundirende Wirkung wird am besten durch folgende zwei Mittel geprüft: a) Lässt man Sonnenwärme durch den betreffenden Schirm hindurchstrahlen und vergleicht die hindurchgelassenen mit den directen Strahlen, so zeigen beide Gruppen entweder einen gleichen oder die erstere einen reichlicheren Durchgang durch matte farblose Steinsalze als die letztere. In diesem Falle ist die zu untersuchende Platte eine diffundirende. b) Geht von zwei thermisch gleichfarbigen Strahlengruppen, deren eine aus parallelen, die andere aus diffusen Strahlen besteht, die letztere besser durch die zu prüfende Substanz hindurch, so ist diese eine diffundirende. — Es ist in diesem Verfahren auch der Weg angezeigt, verschiedene Diffusionsgrade (innerhalb weiter Grenzen) mit einander zu vergleichen.

IV. 1) a) Bei Verkleinerung des Winkels, welchen die Wärmestrahlen mit einer matten oder trüben Platte bilden, wächst im Allgemeinen die auf sie ausgeübte Diffusion. Diese Steigerung mit dem Neigungswechsel nimmt anfangs mit der allgemeinen diffundirenden Beschaffenheit des Schirms zu, dann aber wieder in dem Masse ab, dass bei sehr rauhen und hinreichend trüben Platten ebenso wenig wie bei klaren ein Unterschied des Verhaltens der bei verschiedener Neigung hindurchgehenden Strahlen unter sich wahrzunehmen ist.

b) Eine durch Zurückwerfung an rauhen Flächen bewirkte Diffusion nimmt dagegen für die flacher auffallenden Strahlen ab und geht immer mehr in eine spiegelnde Reflexion über.

2) Zwischen der glatten und zweiseitig rauhen Oberfläche giebt es Zustände, in Folge deren — ganz abgesehen von jedem Vorgange im Innern der Substanz — die blosse mechanische Beschaffenheit der Oberfläche eine Färbung der hindurchgestrahlten Wärme herbeiführt.

3) Es müssen demnach an den betreffenden rauhen und trüben Medien die jedesmal vorhandene Diffusion und die bisweilen auftretende auswählende Absorption in ihren Wirkungen von einander unterschieden werden.

4) Geschmolzenes Kochsalz bewirkte eine Diffusion, aber keine Wärmefärbung.

5) Ein älteres Stück Steinsalz erwies sich chemisch und mechanisch unrein und übte sowohl eine diffundirende Wirkung, als eine auswählende Absorption aus. Derartige Zustände erklären die bei verschiedenen Versuchen mit Steinsalz erhaltenen, von einander abweichenden Beobachtungen.

V. 1) Der Durchgang der strahlenden Wärme durch eine rauhe diathermane Platte ist für eine constante auffallende Wärmemenge desto reichlicher, je näher oder grösser die unmittelbar ausstrahlende Wärmequelle oder an deren Stelle ein die parallelen Sonnenstrahlen mittelst Durchstrahlung oder Reflexion zerstreuender Körper. — Dieser Einfluss macht sich desto mehr geltend, je rauher die Oberfläche jener diathermanen Platte, so dass bei zunehmender Rauheit derselben ihr Wärmedurchlass um so weniger beeinträchtigt wird, je grösser die Annäherung oder die Ausdehnung jener. — Eine Steigerung der Zerstreuung der Wärmestrahlen hat dieselbe Wirkung wie diese Aenderung der Entfernung und Grösse. — Es macht hierbei Knoblauch die treffende Bemerkung, dass eine milchige Bedeckung des Himmels für die Durchstrahlungserscheinungen die Wirkung eines Näherrückens der Sonne haben würde.

2) Beim Neigen einer, zuerst rechtwinkelig gegen die Wärmestrahlen gerichteten, rauhen diathermanen Platte ist der Winkel, welchen die letztere mit den Strahlen in dem Augenblicke einschliesst, da das Maximum der Durchstrahlung durch einen zweiten rauhen Schirm eintritt, desto kleiner, je geringer die Rauheit jener ersten Platte ist. Der absolute Werth des bezeichneten Maximums nimmt mit dieser Rauheit zu.

3) Die Durchstrahlung durch zwei gleichartig matte Flächen wird beim Entfernen derselben von einander vermindert, wenn dabei die eine an ihrer Stelle vor der Thermosäule belassen, die andere von dieser abgerückt wird; vermehrt, wenn jene Fläche der Säule genähert wird, während diese, auf Seiten der Wärmequelle befindliche, ihre Stelle behauptet; dieselbe kann unverändert bleiben beim Nähern der einen und entsprechenden Entfernen der andern. — Die Unterschiede sind am beträchtlichsten bei parallelen Strahlen. Eine Zerstreuung derselben, gleichwie eine Annäherung oder Vergrösserung der Wärmequelle haben — mit einer Steigerung der Durchgänge selbst — eine Verminderung ihrer Unterschiede zur Folge.

4) Von der Durchstrahlung zweier ungleich matter Flächen gilt im Wesentlichen dasselbe; doch wäre die bezeichnete Compensation nur bei erheblich ungleicher Verschiebung der einzelnen Flächen nach entgegengesetzten Seiten herbeizuführen. — Die bei wechselnder Entfernung auftretenden Unterschiede sind geringer oder grösser, je nachdem



die weniger rauhe oder die rauhere Fläche gerückt werden. Bei gleicher Verschiebung beider überwiegt der Einfluss der letzteren. — Von den Verbindungen einer und derselben matten Fläche mit einer rauheren oder einer noch gröberen gehören der ersteren die reichlicheren Durchstrahlungen, aber der letzteren die grösseren Verschiedenheiten in diesen unter den gedachten Umständen an. — Werden die Flächen vertauscht, so findet ein erhöhter Durchgang der Wärmestrahlen durch beide jedesmal statt, wenn die rauhere der Thermosäule zunächst ist. Dieser durch die Vertauschung herbeigeführte Unterschied ist desto bedeutender, je grösser die Rauhigkeitsverschiedenheit der betreffenden Flächen, je entfernter sie von einander sind, je näher sie bei gleicher solcher Entfernung der Thermosäule, je entfernter und kleiner die Wärmequelle und je weniger zerstreut deren Strahlen. Das Maximum findet sich daher bei den parallel einfallenden.

5) Alle diese Erscheinungen lassen sich aus dem Verhalten einzelner rauher diathermaner Schirme ableiten, bei welchen die Steigerung des Wärmedurchlasses während ihrer Annäherung an die Säule mit ihrer Rauheit oder allgemeiner ihrem Diffusionsvermögen einerseits, mit der Abnahme der Diffusion der Wärmestrahlen oder ihrem Uebergange zum Parallelismus andererseits zunimmt. — Es ist hierin ein Mittel gegeben, aus dem Grade der Steigerung beim Näherrücken diffundirender Schirme an die Thermosäule sowohl auf ihr eigenes Zerstreuungsvermögen, als auf das Mass der Zerstreuung der zu ihnen gelangenden Wärmestrahlen zu schliessen. — Ein rauher oder trüber diathermaner Körper besitzt demnach für die nämliche Art strahlender Wärme nicht ein constantes Durchstrahlungs- und Absorptionsvermögen. Von zwei mit einander verglichenen kann selbst für eine und dieselbe Wärmequelle bald der eine, bald der andere diathermaner sein. — In allen diesen mannigfaltigen Beziehungen der Durchstrahlung unterscheiden dieselben sich von den klaren diathermanen Körpern mit glatter Oberfläche, so eigenthümlich deren auswählende Absorption den Wärmestrahlen gegenüber auch sein möge.

Wärmeabsorption, s. Art. Wärme, strahlende. 5. a. Die Absorption der Sonnenstrahlen bei senkrechter Durchstrahlung der Erdatmosphäre beträgt nach Pouillet für Paris 0,21 bis 0,27, nach Quetelet für Brüssel 0,33. Vergl. Art. Aktinometer und Pyrheliometer. — Die Absorption der Sonnenstrahlen durch die Erdoberfläche bewirkt an ganz trocknen Stellen, also an vielen Berggipfeln, Bergkämmen und Bergebenen und dauernd bei den eigentlichen Wüsten, eine Temperaturerhöhung, die bei trockenem Fels, Felsschutt und Sand bis über 70° C. steigt. Diese Wärme wird theils an die Atmosphäre und durch sie an den Weltraum zurückgegeben, theils dem Erdinnern zugeführt. Vergl. Art. Erdwärme.



Wärmeäquator nennt man häufig die Isotherme (s. d. Art. S. 514) von 28° C.

Wärmeäquivalent der Arbeit nennt man die Wärmemenge, welche durch die Arbeitseinheit hervorgebracht wird. S. Art. Aequivalent, thermisches.

Wärmeausstrahlung oder Wärmestrahlung oder Wärmeemission, s. Art. Wärme, strahlende. 4. Die Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche ist namentlich des Nachts am auffälligsten; am ausgedehntesten hierüber sind die Beobachtungen von Wells, über welche Art. Thau Auskunft giebt. Nach Beobachtungen von Daniell kann bei London die Temperatur des Bodens mit Ausnahme des Juli und August während des ganzen Jahres durch nächtliche Ausstrahlung bis unter den Gefrierpunkt sinken und selbst in jenen beiden Monaten sich demselben bis auf 3° F. nähern. Die Erkaltung des Schnees durch Wärmeausstrahlung hat Boussingault nachgewiesen. Im nördlichen Eismeere bildet sich nach Scoresby reichlich Eis, selbst wenn die Lufttemperatur etwas über dem Eisschmelzpunkte ist, während bei bedecktem Himmel dies selbst bei etwas tiefer liegender Temperatur nicht geschieht. Ob der Himmel heiter oder trübe ist, hat den meisten Einfluss auf die Wirkung; bei sonst gleicher Beschaffenheit der Himmelsansicht ist die Ausstrahlung auf isolirten hohen oder freien Ebenen wirksamer als in Thalsenkungen und Bodeneinsenkungen. Auch die Vegetation übt einen wichtigen Einfluss aus, namentlich wirkt eine dichtgeschlossene Pflanzendecke abkühlend.

Wärmebrechung oder Wärmerefraction, s. Art. Brechung. C. S. 122.

Wärmecapacität. A. Setzen sich zwei Massen M und m eines und desselben Stoffes ins thermometrische Gleichgewicht (s. Art. Wärme. D), so findet man, wenn T die Temperatur der Masse M und t die von m ist, nach der sogenannten Richmann'schen Regel (s. d. Art.) die Temperatur $\delta = \frac{MT + mt}{M + m}$. Sind die Körper aber verschiedenartig, so wird diese Formel unbrauchbar. Die Erfahrung zeigt nämlich, dass jeder Körper eine besondere Empfänglichkeit für die Wärme besitzt, indem gleiche Massen derselben durch dieselbe Wärmemenge in ihrer Temperatur nicht um gleich viel Grade geändert werden. Diese verschiedene Empfänglichkeit für die Wärmeaufnahme nennt man die Wärmecapacität der Körper, so dass ein Körper eine n-mal grössere Wärmecapacität besitzt als ein anderer, wenn er bei gleich grosser Masse n-mal soviel Wärme aufnehmen muss, damit seine Temperatur um gleich viel Grade erhöht wird.

Um 1760 wurde der Engländer Black auf diese Erscheinung aufmerksam, aber erst 1772 wurde die Entdeckung durch den Schweden

Wilke entschieden. — Als Beispiel möge Folgendes gelten. Eine Mischung aus 1 Pfd. Wasser von 0° und 1 Pfd. Wasser von 36° C. giebt 2 Pfd. Wasser von 18° C.; aber eine Mischung aus 1 Pfd. Wasser von 0° und 1 Pfd. Eisen von 36° C. giebt nur 4° C., d. h. die Wärmecapacität des Wassers ist 8mal grösser als die des Eisens.

B. Da man die Wärme nicht absolut messen kann, so nimmt man für feste und tropfbarflüssige Körper die Wärmecapacität des Wassers als Einheit an und nennt die Zahl, welche angiebt, der wievielte Theil der Wärme, welche eine bestimmte Masse Wassers um t Grad erhöht, nöthig ist, um die Temperatur einer ebenso grossen Masse eines Körpers auch um t Grad zu erhöhen, die specifische Wärme dieses Körpers. Für luftförmige Körper legt man die Wärmecapacität der atmosphärischen Luft als Einheit zu Grunde.

Zur Bestimmung der specifischen Wärme hat man nun 3 verschiedene Methoden in Anwendung gebracht: 1) die Mischungs- oder besser Mengungsmethode, 2) die Eisschmelzungsmethode und 3) die Abkühlungsmethode.

1) Bringt man einen Körper von dem Gewichte p und der Temperatur t in P Pfund einer Flüssigkeit von der Temperatur T und der specifischen Wärme W, und erhält man die Mischtemperatur δ, so ist die specifische Wärme des Körpers $w = \frac{PW(\delta - T)}{p(t-\delta)}$, wenn die Temperatur t höher als T ist. Es wird nämlich P um $\delta - T$ Grad wärmer und p um $t - \delta$ kälter; diese Veränderungen würden in einem Pfunde betragen $P(\delta - T)$ und $p(t - \delta)$ Grade. Bei gleichem Gewichte verhalten sich nun die specifischen Wärmen umgekehrt wie diese Temperaturveränderungen, folglich ist $P(\delta - T) : p(t - \delta) = w : W$. Oder schlägt man den bei der Ableitung der Richmann'schen Regel (s. d. Art.) verfolgten Weg ein und berücksichtigt, dass die Wärmemenge, welche P Pfund von 0° auf T^0 erwärmt, ein Pfund auf PT^0 erwärmen würde und dass, wenn der Körper die specifische Wärme W hat, dadurch 1 Pfund Wasser von 0° auf WPT^0 erwärmt werden würde, so erhält man für die Mischtemperatur $\delta = \frac{WPT + wpt}{WP + wp}$, woraus der obige Werth für w ebenfalls folgt. Geschieht die Mischung in Wasser, so ist $W = 1$ und dann erhält man $w = \frac{P(\delta - T)}{p(t-\delta)}$, wenn T kleiner ist als t, und $w = \frac{P(T-\delta)}{p(\delta - t)}$, wenn T einen grösseren Werth als t hat. — Wilke bediente sich bei seinen Untersuchungen dieser Mengungsmethode zur Bestimmung der specifischen Wärme fester und tropfbarflüssiger Körper. Es ist indessen hierbei nur unter gehörigen Vorsichtsmassregeln ein genaues Resultat zu erwarten, da viel Wärme

durch Ausstrahlung verloren geht, überdies die Wärmecapacität des Gefässes, in welchem die Mischung geschieht, bekannt sein und in Rechnung genommen werden muss. Vortheilhaft ist es, den Versuch wenigstens mit möglichst viel Wasser anzustellen.

2) Die zweite Methode, die sogenannte Eisschmelzmethode ist genauer. Dieselbe ist zuerst 1780 von Lavoisier und Laplace zur Ausführung gekommen mittelst des sogenannten Lavoisier'schen Calorimeters, dessen Beschreibung sich im Art. Calorimeter findet. An dieser Stelle ist (S. 134) nachgewiesen, dass ein Körper von der Temperatur t^0 C., dem Gewichte p und der specifischen Wärme w an Eis von 0^0 eine Menge $E = \frac{wtp}{79}$ schmilzt; folglich ist, wenn die geschmolzene Eismenge durch den Versuch bestimmt wird, die specifische Wärme $w = \frac{79\,E}{pt}$. Wie man bei der Bestimmung der specifischen Wärme tropfbarflüssiger Körper zu verfahren hat, ist a. a. O. S. 135 angegeben. Als Beispiel führen wir folgenden Versuch an: 4 Pfd. Salpetersäure in einem gläsernen Kolben von 0,531 Pfd. Gewicht bis 100° C. erhitzt, schmolzen nach 20stündiger Abkühlung 3,664 Pfd. Eis; wie gross ist die specifische Wärme der Salpetersäure, wenn diejenige des Glases 0,19768 ist? Das Glasgefäss schmilzt für sich allein $\frac{0{,}531\,.\,100\,.\,0{,}19768}{79}$ Pfd. Eis; die Salpetersäure schmilzt ebenso für sich allein $\frac{4\,.\,100\,.\,w}{79}$; also ist $3{,}664 = \frac{0{,}531\,.\,100\,.\,0{,}19768 + 4\,.\,100\,.\,w}{79}$, woraus sich der Werth $w = 0{,}69739798$ ergiebt.

3) Die Abkühlungsmethode, welche namentlich von Dulong und Petit zur Anwendung gekommen ist, aber J. T. Mayer zuerst angegeben hat, gründet sich darauf, dass, wenn zwei gleiche Massen verschiedener Körper unter übrigens gleichen Verhältnissen verschiedene Zeiten gebrauchen, um sich um gleich viel Grade abzukühlen, sich die specifischen Wärmen derselben wie die Abkühlungszeiten verhalten müssen, oder wenn man die Grade beobachtet, um welche sich dieselben in gleichen Zeiten abkühlen, umgekehrt wie diese Abkühlungsgrade. — Bei der experimentellen Bestimmung bringt man den Körper, damit stets die Wärmeausstrahlung dieselbe ist, in ein polirtes silbernes Gefäss, in dessen Mitte die Kugel eines Thermometers steht, stellt dasselbe unter eine Glasglocke der Luftpumpe oder in ein bleiernes, innen berusstes Gefäss von constanter Temperatur und beobachtet aus der Ferne durch ein Fernrohr, innerhalb welcher Zeit das Thermometer um eine bestimmte Anzahl von Graden fällt.

Ueber die specifische Wärme luftförmiger Flüssigkeiten haben zu-



erst Bérard und Delaroche die genauesten Untersuchungen angestellt. Sie liessen die Luftart erst durch eine Röhre streichen, welche von kochendem Wasser umgeben war, und leiteten sie dann in ein Rumford'sches Wassercalorimeter (s. Art. Calorimeter. S. 135).

C. Die relative Wärme unterscheidet sich von der specifischen dadurch, dass bei ihr nicht das Verhältniss der Wärmecapacität bei gleicher Masse, sondern bei gleichem Volumen bestimmt wird. — Kennt man die specifische Wärme w und das specifische Gewicht des betreffenden Körpers, so lässt sich die relative Wärme r einfach berechnen, da $r = w \,.\, s$ sein muss. Es sind also keine besonderen Bestimmungsmethoden für die relative Wärme erforderlich. Nur ist es zweckmässiger, bei Luftarten erst die relative Wärme und aus dieser die specifische zu berechnen, wozu $w = \frac{r}{s}$ dient.

D. In Betreff der Wärmecapacitäten gelten noch folgende specielle Bestimmungen: 1) Die Wärmecapacitäten zweier Körper stehen mit ihren specifischen Wärmen in geradem Verhältnisse. 2) Die kleinste Wärmecapacität haben im Allgemeinen die Metalle. 3) Die Wärmecapacität scheint mit der Temperatur zuzunehmen. 4) Für viele einfache Körper ist das Product aus der specifischen Wärme und dem Atomgewichte oder chemischen Aequivalente (s. Art. Aequivalent, chemisches) eine constante Zahl, so dass die specifische Wärme dem Atomgewichte umgekehrt proportional zu sein scheint. — Dies Gesetz wurde von Dulong und Petit (1819) aufgestellt, ist aber nicht in aller Strenge richtig, da das Product zwischen 38,5 und 43 schwankt (s. Art. Wärmetheorie, mechanische. E.). 5) Wird die Dichtigkeit eines Körpers vergrössert, also sein Volumen verkleinert, so wird die specifische Wärme auch kleiner, jedoch nicht in gleichem Verhältnisse. — Daher kühlen sich Gase bei Ausdehnung ab und erhöhen umgekehrt bei Zusammendrückung ihre Temperatur. Vergl. Pneumatisches Feuerzeug im Art. Feuerzeug. S. 335. Bringt man atmosphärische Luft auf den doppelten Raum, so kühlt sie sich um 22 bis 25 Grad ab. 6) Die Methoden zur Bestimmung der specifischen Wärme kann man auch zu Temperaturbestimmungen benutzen, wenn die specifische Wärme bekannt ist. Hierüber vergl. Art. Pyrometer. S. 292.

E. Specifische Wärme einiger Körper nach Regnault.

Aluminium	0,2143	Kohlenstoff (Diamant)	0,1469	Rhodium	0,0580
Antimon	0,0508	Kupfer	0,0952	Schwefel	0,2026
Arsen	0,0814	Lithium	0,9408	Selen	0,0746
Blei	0,0314	Magnesium	0,2499	Silber	0,0570
Bor	0,2500	Mangan	0,1217	Silicium, krystallisirt	0,1774
Brom	0,0843	Molybdän	0,0722	Tellur	0,0474
Cadimum	0,0567	Natrium	0,2934	Thallium	0,0336
Eisen	0,1138	Nickel	0,1092	Wismuth	0,0308
Gold	0,0324	Osmium	0,0311	Wolfram	0,0334
Jod	0,0541	Palladium	0,0593	Zink	0,0956
Iridium	0,0326	Phosphor	0,1740	Zinn	0,0562
Kalium	0,1655	Platin	0,0324		
Kobalt	0,1067	Quecksilber	0,0319		

	Zwischen 0° u. 100°	0° u. 200°	0° u. 300°	
Eisen	0,1098	0,1150	0,1218	nach Dulong und Petit.
Platin	0,0335	0,0339	0,0343	nach Pouillet.

Bei tropfbaren Flüssigkeiten wächst im Allgemeinen die specifische Wärme mit steigender Temperatur bedeutender als bei starren Körpern. Für Quecksilber fanden Dulong und Petit: zwischen 0° und 100° 0,033; zwischen 0° und 300° 0,035; für Alkohol desgleichen Regnault: für — 20° = 0,50532; 0° = 0,54754; + 20° = 0,59506; 40° = 0,64788; 60° = 0,70599: 80° = 0,76938; für Terpentinöl — 20° = 0,38421; 0° = 0,41058; + 20° = 0,43376; 40° = 0,45376; 60° = 0,47056; 80° = 0,48419; 100° = 0,49463; 120° = 0,50188; 140° = 0,50594; 160° = 0,50682; für Schwefelkohlenstoff bei — 30° = 0,23034 und bei + 45° = 0,24257; für Aether bei — 30° + 0,51126 und bei + 35° = 0,54971; für Chloroform bei — 30° = 0,22931 und bei + 60° = 0,23843. Die mittlere specifische Wärme des Leinöls ist 0,528; des Citronenöls = 0,488.

Für atmosphärische Luft fand Regnault zwischen — 30° und + 10° = 0,2377; zwischen 10° und 100° = 0,2379; zwischen 100° und 225° = 0,2376. Nach ebendemselben gelten folgende Werthe:

Gas	Specifische Wärme	
	bei gleichem Gewichte	bei gleichem Volumen
Atmosphärische Luft	0,2377	0,2377
Sauerstoff	0,2182	0,2412
Stickstoff	0,2440	0,2370
Wasserstoff	3,4046	0,2356
Chlor	0,1214	0,2962
Kohlensäure	0,2164	0,3308
Ammoniak	0,5080	0,2994
Alkoholdampf	0,4513	0,7171
Aetherdampf	0,4810	1,2296
Chloroform	0,1568	0,8310
Essigäther	0,4008	1,2184
Wasserdampf	0,4750	0,2950

Die früher von Delaroche und Bérard gefundenen Werthe weichen namentlich in Bezug auf atmosphärische Luft von Regnault's Resultaten wesentlich ab; denn sie erhielten 0,2669 und dieser 0,2377.

F. Die Wärmemenge, welche dazu gehört, ein Kilogramm Wasser von 0^0 um 1^0C. zu erwärmen, nennt man eine Wärmeeinheit oder Calorie. Wegen des Näheren s. Art. Calorie.

Wärmediffusion oder Wärmezerstreuung, s. Art. Wärme, strahlende. 5, namentlich b, c und e.

Wärmedurchlassung oder Wärmetransmission, s. Art. Wärme, strahlende. 5, namentlich d und e.

Wärmeeinheit oder Calorie, s. Art. Calorie und die dort angeführten Nachweise.

Wärmeemission oder Wärmeausstrahlung oder Wärmestrahlung, s. Art. Wärme, strahlende. 4. und Wärmeausstrahlung.

Wärmefarbe oder Diathermansie, s. diesen Art. und ausserdem Wärme, strahlende. 5. d.

Wärmeleitung. Stehen Körper von verschiedener Temperatur mit einander in unmittelbarer Berührung, so sagt man, sie setzen sich durch Wärmeleitung in das thermometriche Gleichgewicht (s. Art. Wärme. D.), und die auf diesem Wege mitgetheilte Wärme nennt man geleitete im Gegensatze zu gestrahlter und bewegter Wärme (s. Art. Wärme, strahlende und Wärme, bewegte).

Nicht alle Körper leiten die Wärme gleich gut. Man unterscheidet daher gute und schlechte Wärmeleiter und versteht unter jenen diejenigen Körper, welche in Berührung mit einem wärmeren schnell warm und in Berührung mit einem kälteren schnell kalt werden, während

dies bei den schlechten Wärmeleitern nur langsam geschieht. — Die frühesten Versuche hierüber dürften die von Benj. Franklin und von Ingenhouss sein. Letzterer überzog gleich lange und gleich dicke Drähte verschiedener Metalle mit Wachs, tauchte das eine Ende derselben gleichzeitig in Oel von 100° C. und beobachtete die Höhe, bis zu welcher das Wachs in derselben Zeit schmolz. Das Metall leitete am besten, bei welchem das Schmelzen am weitesten erfolgt war, und so ergab sich, dass in folgender Reihe das folgende immer schlechter leitete als das voranstehende: Silber, Kupfer, Gold und Zinn, Eisen, Stahl, Blei. Ure erhielt: Silber, Kupfer, Messing, Zinn und Eisen, Gusseisen, Zink, Blei. Rumford und später Biot experimentirten mit Stangen, an denen Vertiefungen, welche mit Quecksilber gefüllt wurden, in gleichen Abständen von einander und von den Enden angebracht waren; das eine Ende kam in kochendes Wasser, das andere in schmelzendes Eis und nun wurden die Temperaturen des Quecksilbers beobachtet. Despretz hat nach derselben Weise Versuche angestellt und ebenso in neuerer Zeit Franz und Wiedemann. Als Leitungsvermögen hat sich den Letzteren ergeben:

	in der Luft	im leeren Raume		in der Luft	im leeren Raume
Silber	1000	1000	Stahl	116	103
Kupfer	736	748	Blei	85	79
Gold	532	548	Platin	81	94
Messing	231 . 241	250 . 230	Neusilber	63	73
Zink	190	—	Rosesches Metall	28	28
Zinn	145	154	Wismuth	18	—
Eisen	119	101			

Despretz fand:

Gold	1000	Eisen	374,2	Marmor	23,6
Platin	981	Zink	363	Porcellan	12,2
Silber	973	Zinn	303,9	Ziegel- und Ofenmasse	11,4
Kupfer	898,2	Blei	179,6		

Die besten Wärmeleiter sind die Metalle; die schlechtesten die trockenen organischen Stoffe — z. B. Kork, Stroh, Kohle, Asche, Wolle, Seide, Haare, Federn — und ausserdem Schnee. Hölzer leiten besser in der Richtung der Fasern als senkrecht auf diese. — Flüssige Körper, sowohl tropfbar- als luftförmigflüssige, verhalten sich, wenn sie bei Berührung mit einem wärmeren oder kälteren in Ruhe bleiben, wie schlechte, tritt aber Bewegung ein, wie gute Wärmeleiter. Im letzteren Falle sagt man, es habe Mittheilung durch Bewegung stattgefunden und nennt die auf diesem Wege mitgetheilte Wärme bewegte. Hierüber handelt der besondere Artikel: Wärme, bewegte.

Von den Erscheinungen, welche eine Folge guter oder schlechter Wärmeleitung sind, führen wir hier nur einige an. — Unter sonst glei-

chen Umständen bleibt eine warme Flüssigkeit in einem irdenen Gefässe länger warm, als in einem metallenen. — Ein kalter Körper, der sich in Luft von höherer Temperatur befindet, wird schneller warm, wenn er von guten Wärmeleitern umgeben ist, als wenn ihn schlechte Wärmeleiter einschliessen. — Für die Betten wendet man am zweckmässigsten schlechte Wärmeleiter an, da sie die Wärme des Körpers zusammenhalten sollen. Ebenso bekleiden wir uns im Winter am zweckmässigsten mit recht dichten schlechten Wärmeleitern ohne Rücksicht auf die Farbe derselben. Vergl. Art. Wärme, strahlende. 5. a. — Der Schnee dient als schlechter Wärmeleiter den Saaten zum Schutze. — Oeffnungen von Vorrathskellern verschliesst man im Winter mit Stroh oder Dünger, damit die in denselben enthaltene Wärme sich der äusseren kälteren Luft nicht mittheile, wodurch die Luft in den Kellern ebenfalls kalt werden würde. — Handhaben heisser metallener Gegenstände umgiebt man mit Holz, oder fasst sie mit Filz oder Leder an. — Ein Nagel im Fussboden fühlt sich als guter Wärmeleiter kälter an, als das ihn umgebende Holz, obgleich beide gleiche Temperatur besitzen. — Wir erinnern noch an die mit schlechten Wärmeleitern ausgefüllten Wände feuerfester Spinde, an die — ruhige Luft zwischen sich einschliessenden — Doppelfenster etc. und verweisen ausserdem auf den Schluss des Art. Wärme, bewegte.

Wärmematerie oder Wärmestoff, s. Art. Wärme. A.

Wärmemesser oder Thermometer (s. d. Art.).

Wärmequellen, s. Art. Wärme. E.

Wärmereflexion, s. Art. Wärme, strahlende. 5.

Wärmerefraction oder Wärmebrechung, s. Art. Brechung. C. S. 122.

Wärmepolarisation, s. Art. Polarisation. C. S. 252.

Wärmesammler, s. Art. Condensator der Wärme. S. 166.

Wärmespectrum. Wenn man ein Bündel weisser Sonnenstrahlen durch ein Prisma gehen lässt, so entsteht das sogenannte Spectrum (s. d. Art. und Art. Farbe) mit den besonders hervortretenden Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett. Nun verhalten sich Wärmestrahlen (s. Art. Wärme, strahlende und Brechung. S. 122) wie Lichtstrahlen, und da mit den Sonnenstrahlen gleichzeitig Wärmewirkungen eintreten, so lässt sich erwarten, dass das Spectrum des Sonnenlichtes auch eigenthümliche Verhältnisse in Bezug auf die Wärme zeigen werde. Nähere Untersuchungen haben ergeben, dass wirklich im Spectrum des Sonnenlichts die verschiedenen Stellen eine verschiedene wärmeerregende Kraft besitzen, dass also gleichzeitig mit dem Licht- oder Farbenspectrum ein Wärmespectrum auftrete. Die brechbareren Strahlen (am violetten Ende des Spectrums) zeigen nur geringe Wärmeerregung; diese nimmt immermehr zu, je mehr man sich den minder brechbaren Strahlen (dem rothen Ende) nähert. Landriani, Rochon und

Sennebier gaben Gelb als die Stelle des Maximums der Wärmeerregung an; Bérard das äusserste Ende von Roth; Herschel, Englefield und Davy die Gegend dicht ausserhalb des Roth jenseits des Farbenspectrums. Seebeck und Wünsch fanden im Flintglasprisma das Maximum der Erwärmung noch jenseits des Roth, im Crownglasprisma im Roth selbst und in einem Wasserprisma in Gelb, also eine Abhängigkeit der Stelle des Maximums von der Substanz des Prisma. Melloni behauptete ausserdem, dass es nicht gleichgültig sei, ob das Lichtbündel nahe an der brechenden Kante oder in grösserer Entfernung von derselben das Prisma durchdringe, und suchte dies aus einer verschiedenen Wärmeabsorption in den verschieden dicken Schichten zu erklären; nur ein Steinsalzprisma liess keinen Unterschied in dieser Beziehung bemerken und zeigte stets das Maximum jenseits des Roth. Aus sehr sorgfältigen Versuchen von Masson und Jamin hat sich nun ergeben, dass bei Seebeck's Untersuchungen Strahlen von verschiedener Brechbarkeit an jeder Stelle des Spectrums zusammengefallen sein müssen; denn sie fanden, dass bei Steinsalz, Bergkrystall, Alaun, Glas und Wasser die Wärmestrahlen jeder Brechbarkeit in der ganzen Erstreckung des Spectrums gleich vollständig durchgelassen werden, also zwischen Licht- und Wärmestrahlen von gleicher Brechbarkeit kein Unterschied stattfinde. Es liegt demnach bei allen Substanzen die Stelle des Wärmemaximums ausserhalb Roth in dem dunklen Raume und es giebt noch jenseits des Roth Aetherwellen, die unsichtbar sind, aber wärmeerregend wirken, wie man auch jenseits des Violett solche kennt, die chemische Wirkungen hervorbringen (vergl. Art. Fluorescenz). Den Wärmestrahlen würde eine Wellenlänge bis zu 0,0009, den chemischen Strahlen bis zu 0,0003, den leuchtenden Strahlen von etwa 0,00039 bis zu 0,0005 Millimetern zukommen, und die Maxima der ihnen beiwohnenden Kräfte würden Wellenlängen von 0,0008; 0,0004 und 0,00055 Millimetern entsprechen. Wir machen hierbei noch darauf aufmerksam, dass man in Gewächshäusern keine Scheiben anbringen darf, deren Farbe dem rothen Ende des Spectrums zu liegt, sondern eher violett gefärbte zu verwenden hat. Die dunklen Zimmer zu photographischen Operationen erhalten zweckmässig dunkelgelbe Glasscheiben; s. Art. Photographie. S. 220.

Wärmespiegel nennt man sphärische oder parabolische Metallspiegel, wie man sie bei dem Pictet'schen Versuche (s. d. Art.) gebraucht.

Wärmestoff oder Wärmematerie, s. Art. Wärme. A.

Wärmestrahlung, s. Art. Wärmeausstrahlung.

Wärmetheorie, mechanische. A. Zur Erklärung der Wirkungen des Wärmewesens nahm man früher zu einem besonderen Stoffe, dem Wärmestoffe oder der Wärmematerie (s. Art. Wärme. A.), seine Zuflucht, ähnlich wie dies früher mit dem Lichte (s. Art. Emana-

tionstheorie) der Fall war. Diese Vorstellungen von sogenannten Imponderabilien, die auch in der Lehre von der Electricität und von dem Magnetismus eine Rolle spielen, waren längst verdächtig. In der Optik hat die Undulationstheorie (s. d. Art.) den Sieg über die Emanationstheorie davon getragen und die Lichtwirkungen sind als Resultate von Bewegungen erwiesen. Ebenso ist man in Betreff des Wärmewesens zu der Ueberzeugung gekommen, dass ein dynamischer Vorgang die Grundlage bilde. Die auf dieser Grundlage aufgebaute Theorie heisst die mechanische Wärmetheorie.

B. Rumford (früher Benj. Thompson, s. Art. Wärme am Ende von A.) liess eine Kanone $2^1/_2$ Stunden lang um einen stählernen Bohrer drehen und erzeugte dadurch eine solche Hitze, dass $18^3/_4$ Pfd. Wasser von 60° F. auf 112° F. erwärmt wurden. Hierdurch kam er zu folgenden Gedanken: „Was ist Wärme? Existirt eine Substanz von feurigem Fluidum? Giebt es ein Ding, das man füglich Caloricum nennen mag? Wir haben gesehen, dass eine sehr beträchtliche Menge Wärme durch Reibung zweier Metallscheiben aneinander erregt und in stetiger Strömung, ununterbrochen, nie aussetzend, ohne irgend ein Zeichen von Verminderung und Erschöpfung nach allen Richtungen unterhalten werden kann. Bei der Untersuchung dieses Gegenstandes dürfen wir des merkwürdigsten Umstandes nicht vergessen, dass die Quelle der durch Friction erzeugten Wärme in diesen Experimenten unerschöpflich erscheint! Es ist kaum nöthig daran zu erinnern, dass ein Etwas, das ein isolirter Körper oder ein isolirtes System von Körpern fortdauernd, unbeschränkt hervorbringt, unmöglich eine stoffliche Substanz sein kann, und es scheint mir äusserst schwierig, wo nicht schlechterdings unmöglich, uns einen Begriff zu machen von einem anderen Wesen, das unter diesen Experimenten erregbar und mittheilbar wäre, ausser von der Bewegung.“ (*Heat considered as a Mode of Motion by John Tyndall. London.* 1863).

Diese Aeusserung Rumford's erhielt nicht die verdiente Beachtung; ebenso ging es Carnot mit dem von ihm (1824) aufgestellten und nach ihm benannten Gesetze, welches eine Beziehung zwischen Wärme und Arbeit aussprach, nämlich dass Wärme in mechanische Arbeit umgesetzt werde, wenn dieselbe von einem wärmeren Körper durch Vermittelung eines dritten expansibeln zu einem kälteren übergeführt werde, z. B. bei dem Dampfkessel durch Vermittelung des Dampfes in den Condensator. Wir bemerken hier sogleich, dass dies Gesetz von Clausius in Zürich später dahin abgeändert worden ist, dass Wärme nur dann in mechanische Arbeit und zwar nur theilweise verwandelt werden kann, wenn sie von einem wärmeren Körper zu einem kälteren übergeht.

Im Jahre 1842 geschah der Hauptschritt auf dem Wege zur mechanischen Wärmetheorie durch den Arzt J. R. Mayer in Heilbronn.

Bei Aderlässen, welche er 1840 auf Java, wohin er als Schiffsarzt gekommen war, an Europäern vornahm, fiel ihm auf, dass das aus der Armvene genommene Blut sich auffallend hellroth zeigte. Er erkannte, dass diese Erscheinung eine Folge der höheren Temperatur in der heissen Zone sei. Nun ist die Körperwärme des Menschen und der Thiere die Wirkung eines Verbrennungsprocesses (einer Oxydation) im Körper, wofür die Farbenveränderung des Blutes bei der Umwandelung des venösen in arterielles spricht. Da aber die Wärme des menschlichen Körpers in den verschiedensten Gegenden der Erde dieselbe ist, so muss die Wärmeentwickelung im Innern mit dem Wärmeverluste nach aussen an die umgebende Luft in einem bestimmten Grössenverhältnisse stehen und in der heissen Zone muss daher auch der Farbenunterschied des venösen und arteriellen Blutes geringer, als in kälteren Gegenden sein. Hiermit hängt auch das geringere Nahrungsbedürfniss des Organismus in heissen Gegenden zusammen; denn von den aufgenommenen Nahrungsmitteln wird der grösste Theil, nachdem sie assimilirt worden sind, zur Erhaltung der Wärme des Körpers verbrannt und nur der kleinere Theil dient mittelbar dem Wachsthum der Organe und der Erneuerung abgenutzter Theile. — Mayer verfolgte diese Beziehungen zwischen Einnahme und Ausgabe im Körper weiter und kam dabei auf Folgendes. Die Oxydation der assimilirten Speisen erzeugt zunächst Wärme im Thierkörper, dann hat aber auch dieser zweitens die Fähigkeit, vermöge seiner Bewegungsorgane an den verschiedensten Stellen des Körpers auf mechanischem Wege durch Schlag, Reibung etc. Wärme hervorzurufen. Es entsteht nun die Frage, ob die so hervorgebrachte Wärme ebenfalls auf Rechnung des Verbrennungsprocesses kommt oder nicht, wie die direct im Innern des Körpers entwickelte Wärme. Mayer bejahte diese Frage und sagte sich, dass die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung einer bestimmten Menge eines Stoffes entsteht, eine unveränderliche, nicht durch Nebenumstände, welche die Verbrennung begleiten, bedingte sei. Daraus folgt, dass auch durch den Lebensprocess die Wärmemenge, welche bei der Oxydation aufgenommener Nahrung entsteht, weder vermindert noch vermehrt werden kann, es müsste sonst dem Organismus die Fähigkeit zugeschrieben werden, Wärme aus nichts zu erzeugen. Ist somit die Summe der direct und der indirect entwickelten Wärmemengen gleich der Wärmemenge, die überhaupt bei der Oxydation der aufgenommenen Nahrung hervorgebracht werden kann, so muss auch die auf indirectem Wege durch Reibung etc. vom Organismus erzeugte Wärme in einem bestimmten Grössenverhältniss der dabei aufgewendeten Arbeit stehen. Denn könnte bei Anwendung derselben Kraft und bei gleicher Stoffaufnahme die gewonnene Wärme bald grösser, bald kleiner sein, so würde die Summe der direct und indirect entwickelten Wärme trotz eines gleichen Materialverbrauchs keine constante sein und man geriethe durch eine derartige

Annahme in Widerspruch mit obigem Fundamentalgesetze der Verbrennung. Die Annahme einer unveränderlichen Grössenbeziehung zwischen Wärme und Arbeit ist eine nothwendige Folge desselben. Mayer bemühte sich nun durch das Experiment festzustellen, wie viel Arbeitskraft zur Hervorbringung eines bestimmten Masses von Wärme erforderlich sei und umgekehrt. — Arbeitskraft lässt sich messen durch Gewichtshebung. Es muss also ermittelt werden, wie hoch ein bestimmtes Gewicht erhoben werden muss, damit seine Fallkraft der Erwärmung eines gleichen Gewichtes Wasser von 0° C. auf 1° C. äquivalent sei, d. h. dass es beim Herabsinken auf mechanischem Wege durch Reibung, Compression etc. soviel Wärme erzeugt als nöthig ist, um einen gleichen Gewichtstheil Wasser auf eine um 1° C. höhere Temperatur zu bringen. Diese Zahl ist das mechanische Aequivalent der Wärme, und Mayer berechnete dasselbe auf ungefähr 367 Meter. (Vergl. Art. Aequivalent, calorisches; Aequivalent, mechanisches und Aequivalent, thermisches.)

C. Wir haben im Vorstehenden über Mayer's Gedankengang und sein Resultat ausführlicher berichtet, da seine Verdienste unbestreitbar und erfolgreich gewesen sind. Es kam nun darauf an, das mechanische Aequivalent der Wärme genau zu ermitteln. Hierzu bieten sich zwei Wege dar, entweder durch Ermittelung der Arbeit, welche eine bestimmte Wärmemenge leistet, oder der Wärmemenge, welche bei der Verrichtung eines gewissen Arbeitsquantums zum Vorschein kommt. Den ersten Weg schlug Mayer ein, legte aber den weniger genauen Werth der specifischen Wärme der Luft zu Grunde, welchen Delaroche und Bérard = 0,2669 gefunden hatten, statt des genaueren von Regnault ermittelten = 0,2377 (s. Art. Wärmecapacität. E.). Auf dem zweiten Wege ging Colding — wie es scheint, unabhängig von Mayer — vorwärts und zwar suchte er die durch Reibung entwickelte Wärme zu bestimmen. Er fand das mechanische Wärmeäquivalent = 372 Kilogrammmeter. — Die sorgfältigsten Versuche unternahm seit 1843 der Engländer James Prescott Joule. Er zeigte 1843, dass die durch Magneto-Electricität entwickelte Wärme der aufgewendeten Kraft proportional sei, und fand, dass die Wärmemenge, welche nöthig ist, um die Temperatur von 1 engl. Pfd. Wasser um 1° F. zu erhöhen, einer mechanischen Kraft, die 838 engl. Pfd. auf 1 engl. Fuss Höhe zu heben im Stande ist, gleich sei. — Im Jahre 1844 verglich Joule die Wärme, welche bei der Compression der Luft entwickelt wird, mit der aufgewendeten Arbeit; desgleichen die gewonnene Arbeit mit dem Wärmeverluste, welcher sich zeigte, wenn er comprimirte Luft unter dem Drucke der Atmosphäre sich wieder bis zu gleicher Dichtigkeit mit dieser ausdehnen liess. Ferner bestätigte er eine Angabe Mayer's, dass Wärme entwickelt wird, wenn sich Flüssigkeiten an festen Körpern reiben. Hierbei erhielt er 770 Fusspfund als Wärme-

äquivalent. — 1845 und 1847 fand er die Zahlen 781,5; 782,1 und 787,6, als er ein Schaufelrad sich in Wasser, Wallrathöl und Quecksilber bewegen liess. — Ferner stellte er 1850 nochmals Reibungsversuche mit Wasser, Quecksilber und Gusseisen an, indem er ein messingenes Schaufelrad in einem mit Wasser gefüllten kupfernen Gefässe in Rotation versetzte, ebenso Quecksilber in einem gusseisernen Gefässe durch ein Schaufelrad aus Schmiedeeisen in eine mit Reibung verbundene Bewegung brachte, und endlich zwei gusseiserne Scheiben in Quecksilber an einander rotiren und sich reiben liess. Die Versuche mit Wasser ergaben 772,692; die mit Quecksilber 774,083 und die mit Gusseisen 774,987 engl. Fusspfund als Wärmeäquivalent für 1° F., von welchem Resultate Joule selbst das erste für das genaueste erklärt.

Zu den Naturforschern, welche sich mit der Bestimmung des Wärmeäquivalents beschäftigt haben, gehört noch Kupffer in Petersburg (1852). Er fand 446,414 und 442 Kilogrammmeter bei Untersuchungen über den Elasticitätscoefficienten von Metallen. Ferner ist zu nennen G. A. Hirn in Logelbach bei Colmar, der (1855) aus Reibungsversuchen 371,6; aus Versuchen über Wärmeerzeugung bei der Trennung der Körpertheile 425; und durch Bestimmung des Wärmeverbrauchs in Dampfmaschinen 413 Kilogrammmeter erhielt. Nach allen Versuchen, von denen diejenigen Joule's obenan stehen, ist der wahrscheinlichste Werth des Wärmeäquivalents 424 Kilogrammmeter oder Meterkilogramme.

D. Zwischen Wärme und Arbeit (Bewegung) ist somit ein quantitativer Zusammenhang erwiesen. Daraus folgt jedenfalls, dass die Wärme kein Stoff sein kann; wenngleich noch nicht mit Entschiedenheit behauptet werden darf, dass die Wärme durchaus nichts weiter als Bewegung sei. Indessen hat man seit der Entdeckung des Wärmeäquivalents Versuche gemacht, sämmtliche Wärmeerscheinungen lediglich als Bewegungserscheinungen aufzufassen, wie dies in Hinsicht der Lichterscheinungen in der Undulationstheorie (s. d. Art.) ebenfalls geschieht. Diese Theorien nennt man mechanische Wärmetheorien. Es liegen denselben gewisse Ansichten über den atomistischen Zustand der Körper zu Grunde, und da sind es wieder vorzugsweise zwei Ansichten, welche sich eine gewisse Geltung verschafft haben, nämlich die von Redtenbacher und die von Clausius. Ueber die erstere enthält das Nähere Art. Dynamide. Redtenbacher nimmt an, dass die Wärmeerscheinungen in radialen Schwingungen der Aetherhüllen bestehen, indem sie sich zusammenziehen und sich erweitern. Clausius hat über die Körper- und Aetheratome dieselbe Ansicht, aber die Wärmebewegung besteht nach ihm in einer Bewegung der Molecüle, und zwar soll diese nach dem Aggregatzustande verschieden sein. Im festen Zustande bewegen sich die Molecüle um gewisse Gleichgewichtslagen, sie schwingen; im tropfbarflüssigen Zustande findet eine schwingende,

wälzende und fortschreitende Bewegung statt; im luftförmigen Zustande sind die Molecüle ganz aus den Sphären ihrer gegenseitigen Anziehung gerückt und bewegen sich geradlinig fort.

Je schneller die Wärmebewegung ist, um so grösser ist die im Körper angehäufte Wärme. Bei jeder Bewegung wird eine gewisse mechanische Arbeit verrichtet; folglich sind Wärme und Arbeit äquivalent. Die in einem Körper angehäufte Wärme oder Arbeit zerfällt aber in zwei Theile: in innere und äussere Arbeit. Die in einem Körper enthaltene Wärme oder Arbeit, welche Veränderungen in der gegenseitigen Stellung der Molecüle oder in der Anordnung der Körperatome veranlasst, ist die innere Arbeit; die äussere Arbeit wird zur Ueberwindung eines von aussen wirkenden Drucks verbraucht und äussert sich in der Ausdehnung. Findet keine Volumenveränderung statt, so wird sämmtliche Wärme zur Erhöhung der inneren Wärme oder Arbeit verbraucht. Die innere Arbeit bewirkt Temperatur- und Aggregatsveränderungen. — Vergl. Art. Werk.

Wir müssen uns hier auf diese Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie beschränken und verweisen auf die Zusammenstellung, welche Clausius neuerdings von seinen Arbeiten geliefert hat, und auf: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie von Zeuner. 1860. Ausserdem bemerken wir noch, dass Redtenbacher seine Dynamiden-Theorie auch auf die Electricität und den Magnetismus ausdehnt. Wenn nach demselben die Wärme in radialen Schwingungen der Aetherhüllen beruhen soll, so legt er den Wirkungen der Electricität und des Magnetismus eine rotirende Bewegung dieser Hüllen zu Grunde. Das Licht beruht auf Aetherschwingungen. Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus können wir Eines aus dem Anderen erzeugen; folglich muss wohl allen etwas Gemeinsames zu Grunde liegen. Da bei dem Lichte der Aether als diese Grundlage anerkannt ist, so liegt es nahe, auch bei Wärme, Electricität und Magnetismus an denselben zu denken. Die Schallerscheinungen sind lediglich in Bewegungen der Atome selbst begründet. Ob Redtenbacher's Ansicht die richtige ist, darüber wird die Zukunft entscheiden. Die Umwandlung der radialen Bewegung der Aetherhüllen in eine rotirende und umgekehrt, ist wohl möglich und so der Zusammenhang zwischen Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus begreifbar; aber es sind auf derselben Grundlage auch noch andere Auffassungsweisen denkbar.

E. Ausser den in diesem Artikel bereits genannten Naturforschern verdienen wegen ihrer Verdienste um die Ausbildung der mechanischen Wärmetheorie noch wenigstens namentlich erwähnt zu werden: Clapeyron, Rankine, James und William Thomson, Reech, John Tyndall. Zum Schlusse des Artikels geben wir aber noch eine populäre Ableitung der hauptsächlichsten Wärmeerscheinungen und zwar nach einem trefflichen Vortrage von Baumgartner's in Wien

(s. Archiv der Mathematik und Physik von Grunert. 42. Theil. 1864. S. 211—226).

v. Baumgartner geht mit Clausius davon aus, dass das Wesen der Wärme in einer Bewegung der ponderablen Molecüle, nicht in einer solchen des Aethers bestehe. Jedes in Bewegung gesetzte Körpermolecül besitzt eine mechanische Wirkungsfähigkeit von bestimmbarer Grösse oder lebendige Kraft (s. Art. Kraft, lebendige). Die Summe der lebendigen Kräfte aller Molecüle eines Körpers bestimmt seinen Wärmegehalt. Die lebendige Kraft eines Molecüls, somit sein Wärmegehalt, bestimmt die Temperatur. Jeder Körper enthält also Wärme, wenn seinen Molecülen lebendige Kraft zukommt, und von zwei Körpern ist jener der wärmere, dessen Molecülen mehr lebendige Kraft innewohnt. Kalt soll eigentlich nur ein Körper heissen, wenn seine Molecüle aller lebendigen Kraft bar sind; man nennt aber meistens einen Körper kalt gegen einen anderen, dem er an lebendiger Kraft seiner Molecüle nachsteht. Eine natürliche Temperaturscala kann also ihren Nullpunkt nur da haben, von wo die lebendige Kraft der Molecüle anhebt. Unsere üblichen Scalen beginnen mit dem Schmelzpunkte des Eises und haben von da nach aufwärts positive oder Wärmegrade, nach abwärts negative oder Kältegrade. Der absolute Nullpunkt der Wärme entspricht nahe — 273° C. (s. Art. Gas. S. 377). Negative Grade einer solchen Scala von mehr als 273 haben sonach keinen Sinn mehr. — Molecüle verschiedener Natur haben verschiedene Gewichte. Um gleiche Temperatur zu erlangen, müssen daher die leichteren auf grössere Geschwindigkeit gebracht werden als die schwereren, so dass durch die grössere Geschwindigkeit der Abgang an Masse ersetzt wird. Daraus folgt, dass gleiche Massen von verschiedener Natur bei gleichen Temperaturen ungleiche Wärmegrade enthalten und daher verschiedenen Körpern verschiedene Wärmecapacitäten (s. d. Art.) zukommen. — Wird Molecülen von ungleicher Natur, aber gleicher Temperatur, soviel lebendige Kraft zugeführt, als nöthig ist, um die Temperatur eines jeden um 1 Grad zu steigern, so wird dadurch die Gleichheit ihrer Temperatur nicht aufgehoben und es müssen sonach auch diese Zuwüchse an lebendiger Kraft für alle gleich sein. Dieselben können aber wegen der Unveränderlichkeit der Moleculargewichte blos durch Steigerung der Geschwindigkeit, d. h. der lebendigen Kraft der Gewichtseinheit bewerkstelligt werden. Diese hat aber in der mechanischen Wärmetheorie die Bedeutung der specifischen Wärme (s. Art. Wärmecapacität. B.), und es müssen sonach die Producte aus dem Moleculargewichte und der spec. Wärme für alle Molecüle gleich sein, von welcher Natur sie auch sein mögen. Dies ist aber das Dulong-Petit'sche Gesetz (s. Art. Wärmecapacität. D. 4). Es muss offenbar auch für Aggregate gleichartiger Molecüle gelten, so ferne durch die Aggregation deren Selbständigkeit nicht geändert wird und sie nicht etwa

durch ihre Molecularanziehung auf einander wirken. In vollkommenen Gasen, die sich bei der Erwärmung nicht ausdehnen können, bleibt diese Selbständigkeit gewahrt und diese befolgen in der That, der Erfahrung gemäss, das genannte Gesetz vollkommen. In Aggregaten von Molecülen, die dem Einflusse der Molecularanziehung unterliegen, wie dies bei unvollkommenen Gasen, bei Dünsten, festen und tropfbaren Körpern der Fall ist, erleidet dies Gesetz eine Modification. Aber selbst über die Art dieser Modification giebt die mechanische Wärmetheorie Aufklärung. Die einem Körper zugeführte lebendige Kraft ist nämlich in demselben nur bei vollkommenen Gasen, deren Volumen sich beim Erwärmen nicht ändern kann, vollständig als solche enthalten, in anderen Körpern wird ein Theil derselben zu Arbeit verbraucht, durch welche die Entfernung und Lage der Molecüle und das Volumen geändert, der Zusammenhang derselben modificirt und, wenn auf dem Volumen ein äusserer Druck lastet, diese Last eine Strecke weit fortgeschoben wird. Die letztere dieser Arbeiten wirkt daher nach Aussen und heisst darum auch äussere Arbeit, die ersteren bleiben auf das Innere des Körpers beschränkt und sind das Werk innerer Arbeit. Nur das, was an lebendiger Kraft als solcher im Körper zurückbleibt, unterhält seine Temperatur und bildet das, was man freie Wärme genannt hat, während der nur in Form geleisteter Arbeit vorhandene Theil die Temperatur nicht beeinflusst. Er wurde bisher gebundene Wärme (s. d. Art.) genannt. Es herrscht aber zwischen jenem Theile der einem Körper zugeführten Wärme, welche zur Arbeit verbraucht wird, und jenem, der als lebendige Kraft fortbesteht, so lange sich der Aggregatzustand nicht ändert, ein bestimmtes Verhältniss, und darum kann man auch aus der Grösse der gethanen Arbeit der Wärme in einem Körper innerhalb bestimmter Grenzen auf seine Temperatur (durch die Thermometer) schliessen. — Molecüle, die bloss von ihrer Anziehungskraft beherrscht werden, müssen sich zu einer starren (festen) Masse verbinden, in der jedes eine stabile Gleichgewichtslage inne hat, aus der es wohl durch einen äusseren Impuls verrückt werden kann, in welche es aber zurückkehren muss, wenn jene Einwirkung aufhört. Eine solche Verrückung erleiden die Molecüle durch die Stösse einer Aetherwelle. Es ist wahrscheinlich, dass daraus eine Bewegung um einen fixen Mittelpunkt entsteht. Von einer bestimmten Temperatur an wird durch Zufuhr von lebendiger Kraft eine Umgestaltung des Gleichgewichtssystems der Molecüle bewerkstelligt und der tropfbarflüssige Zustand herbeigeführt. In diesem kommt den Molecülen nicht mehr eine bestimmte Gleichgewichtslage, wohl aber ein bestimmter Abstand von anderen zu, und ein äusserer Impuls hat nur die Folge, dass die Centralbewegung der Molecüle nicht mehr um fixe Mittelpunkte vor sich geht, sondern um veränderliche. Fortgesetzte äussere Zufuhr von lebendiger Kraft steigert die Temperatur der bewegten Masse und

erzeugt intermoleculare Veränderungen, bis die Molecüle ausserhalb des Wirkungskreises der molecularen Anziehung gesetzt zu werden beginnen. Der Eintritt dieses Zustandes bezeichnet das Verdampfen. Von da an sind die Molecüle von einander ganz oder fast ganz unabhängig. Molecüle, welche sich an der Oberfläche einer Flüssigkeit befinden, können schon bei einer Temperatur weit unter der Siedehitze in Dunst übergehen, weil sie schon durch die gegen die Oberfläche gerichtete Wirkung der tangentiellen Bewegung tropfbarer Theile aus der Wirkungssphäre der Anziehung kommen. Diese Theile verlassen die flüssige Masse und schiessen geradlinig fort, bis sie an ein Hinderniss gelangen und daselbst als ein elastischer Körper zurückgeworfen werden. In einem geschlossenen, nicht ganz mit Flüssigkeit gefüllten Gefässe wird dies an der Decke geschehen: die Molecüle werden zur Oberfläche der Flüssigkeit zurückkehren, ja vermöge ihrer Geschwindigkeit in dieselbe eindringen und der flüssigen Menge einverleibt werden, während andere an ihrer Stelle sie verlassen. Anfangs werden wohl mehr Molecüle ausscheiden als zurückkehren und die Dunstmenge wird zunehmen, doch wird ein Zustand eintreten müssen, wo gleich viele Molecüle sich dem Dunste und der tropfbaren Masse beigesellen. Da hat nun der Dunst das Maximum seiner Dichte (s. Art. Dampf. S. 175 u. 176) erreicht. Im Dunst stehen die Molecüle nur wenig ausserhalb der Wirkungssphäre der molecularen Anziehung, weshalb schon ein mässiger Druck, der sie näher an einander bringt, oder eine geringe Abkühlung den Uebergang in den tropfbaren Zustand zur Folge hat. — Die Abhängigkeit der Schmelztemperatur von dem Drucke — wie dies bei der Siedetemperatur längst bekannt war — ist nach dem Vorhergehenden, den Uebergang eines starren Körpers in den tropfbarflüssigen Zustand Betreffenden, eine nothwendige Folge der mechanischen Wärmetheorie, und die thatsächliche Bestätigung (s. Art. Schmelzen. S. 393) dient der Theorie als wesentliche Stütze. — Wärmeleitung (s. d. Art.) stellt sich als eine Uebertragung lebendiger Kraft von wärmeren Molecülen an minder warme heraus, aber nicht als des ganzen Gehaltes dieser Kraft (wie bei der Fortpflanzung des Schalles), sondern nur der Differenz und auch in Betreff dieser je nach dem Aggregatzustande nach gewissen Modificationen. Auch in dieser Beziehung hat die mechanische Wärmetheorie manche bisher nicht beachtete Verhältnisse, die sich dann durch das Experiment als thatsächlich vorhanden erwiesen haben, aufgedeckt, z. B. dass unter den Gasen das Wasserstoffgas der beste Leiter ist.

Es werden diese wenigen, aus dem reichen Inhalte des citirten Vortrages entlehnten Punkte hier genügen, um den Werth der mechanischen Wärmetheorie einigermassen in das verdiente Licht zu stellen. Wir fügen nur noch hinzu, was v. Baumgartner über den Ursprung

der Wärme bei chemischen Processen in Bezug auf die mechanische Wärmetheorie sagt.

Chemische Verbindungen werden durch die den Atomen inhärirenden anziehenden Kräfte bewirkt. Im Sinne der mechanischen Wärmetheorie besteht aber diese Wirkung in einer Zusammensetzung von Atombewegungen zu einer Resultirenden. Nimmt man diese Bewegungen als drehende an, deren Bahnhalbmesser und Winkelgeschwindigkeit mit der Natur der Atome wechseln, in einem homogenen Producte aber für alle Atome gleich sind; so tritt in Folge der Ausgleichung der Winkelgeschwindigkeiten ein Verlust an lebendiger Kraft ein, der sich in einem mathematischen Ausdrucke darstellen lässt. Die chemische Anziehung wirkt also wie ein von Aussen angebrachter Druck und muss daher auch dieselbe Folge haben wie ein solcher. Die Grösse des vorerwähnten Verlustes an lebendiger Kraft findet man wenigstens für Mischungen von Schwefelsäure und Wasser der dabei frei werdenden Wärme proportional.

Das Mittel, welches den Schall in die Ferne trägt, ist in der Regel die Luft, das Vehikel des Lichtes und der Wärme der Aether und die Bewegung ist in allen diesen Fällen eine wellenartige. Die Dauer einer Schwingung in der Luft bestimmt die Tonhöhe, jene einer Aetherschwingung in der Lichtwelle die Farbe, in der Wärmewelle den Grad ihrer Gefügigkeit für die Einwirkung der wägbaren Molecüle auf den Aether. Jedes dieser Medien giebt den Impuls an den Nerv ab, der für diesen empfänglich ist, und dieser leitet ihn an das Centrum des Nervensystems, wo es in Empfindung eigener Art umgesetzt wird.

Wärmetransmission oder Wärmedurchlassung, s. Art. Wärme, strahlende. 5, namentlich d und e.

Wärmewellen. Die strahlende Wärme verhält sich in Betreff der Fortpflanzung wie das Licht (s. Art. Wärme, strahlende. 3). Nun zeigt sich im Sonnenspectrum neben der Lichtwirkung nach dem rothen Ende hin und über dies hinaus eine gesteigerte Wärmewirkung, wie nach dem violetten Ende hin und über dies hinaus eine gesteigerte chemische Wirkung. Man unterscheidet daher neben den Lichtstrahlen noch Wärmestrahlen und chemische Strahlen und legt diesen ebenso Wellenbewegung zu Grunde, wie es mit den Lichtstrahlen der Undulationstheorie gemäss geschieht. Den leuchtenden Wellen, welche die Spectralfarben hervorbringen, liegt eine Wellenlänge von etwa 0,00039 bis zu 0,0005 Millimetern zu Grunde, den Wärmewellen eine grössere bis zu 0,0009 und den chemischen Strahlen eine kürzere bis zu 0,0003 Millimetern. Vergl. Art. Wärmespectrum.

Wärmezerstreuung oder Wärmediffusion, s. Art. Wärme, strahlende. 5, namentlich b, c und e.

Wässerige Feuchtigkeit im Auge, s. Art. Auge. S. 52.

Wage, **Wagebalken etc.**, s. unter Art. Waage, Waagebalken etc.

Wahrnehmung ist eine zufällige Auffassung einer Erscheinung. s. Art. Beobachten.

Walzwerke zum Ausplatten von Metallen zu dünnen Blättern (Blech) bestehen aus zwei metallischen Cylindern, welche horizontal über einander liegen und sich mit gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung drehen lassen. Die Cylinder lassen sich in verschiedener Weite von einander einstellen und die zu walzende Platte, welche am Rande zuvor soweit verdünnt wird, dass sie zwischen die beiden Cylinder eingeführt werden kann, wird dann bei der Drehung der Cylinder zwischen diesen durchgepresst. Aehnlich sind die Cylinderpressen, s. Art. Presse. E. S. 269.

Wandelstern oder Planet (s. d. Art.).

Wanken der Erdaxe, s. Art. Nutation.

Wasser ist eine chemische Verbindung, welche — wie A. v. Humboldt und Gay-Lussac 1805 erwiesen haben — aus 2 Raumtheilen Wasserstoffgas und 1 Raumtheile Sauerstoffgas besteht, oder in welcher 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff verbunden sind. — Das Wasser kommt auf der Erde in allen drei Aggregatzuständen vor, als Eis (s. d. Art.), Schnee (s. d. Art. und Schneegrenze) und Reif (s. d. Art.) in starrer Form, als Wasser schlechthin (s. Art. Meer und Quelle), als Regen (s. d. Art. und Regenwasser) und Thau (s. d. Art.) in flüssiger Form, als Wasserdampf in der Atmosphäre (s. Art. Hygrometrie und Dampfbildung). — Bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes fester und tropfbarflüssiger Körper dient das Wasser als Einheit und hat also das spec. Gewicht = 1. Bei mittlerer Temperatur pflegt man die Luft 850mal leichter als das Wasser anzunehmen; wegen des genaueren Verhältnisses s. Art. Luft. S. 52. Wegen der Zusammendrückbarkeit und Elasticität des Wassers s. Art. Piezometer. S. 228. Wärme und Electricität werden durch Wasser in geringem Grade geleitet (s. Art. Leiter der Electricität. S. 14 und Wärmeleitung). Bei dem Uebergange des Wassers aus dem starren in den tropfbarflüssigen Zustand werden 79° C. Wärme gebunden, bei dem Uebergange aus dem tropfbarflüssigen in den luftförmigen Zustand 537° C. (s. Art. Gebundene Wärme). Bei Bestimmung der spec. und relativen Wärme liefert die Wärmecapacität des Wassers die Einheit (s. Art. Wärmecapacität); ebenso bestimmt die Wärmemenge, welche dazu gehört, 1 Gramm Wasser von 0° um 1° C. zu erwärmen, den Begriff einer Calorie (s. Art. Aequivalent, calorisches). In der Regel ist das Wasser ohne Geruch und Geschmack. Wegen der Farbe s. die Art. Farbe des Meeres, der Seen und des Wassers. Der Brechungsexponent des Wassers ist 1.336 (s. Art. Brechung.

S. 117), das Lichtbrechungsvermögen (s. d. Art.) 0,784. Ueber die Volumenveränderung des Wassers bei Temperaturänderung s. Art. Ausdehnung der Körper. S. 54; die Temperatur der grössten Dichtigkeit ist 4°,108 C. Der Eisschmelzpunkt liegt bei 0° C. = 0° R. = + 32° F.; die Schmelztemperatur ist indessen auch von dem Drucke abhängig, wie aus Art. Schmelzung. S. 393 zu ersehen ist. Wegen des Siedepunktes vergl. Art. Sieden.

Das in der Natur vorkommende Wasser ist nie rein, sondern enthält mehr oder weniger fremde Bestandtheile aufgelöst, wie aus den Artikeln Meer. 3 und Quelle zu ersehen ist. Auf dem Gehalte an Luft und Kohlensäure beruht die erfrischende Kraft des Wassers beim Trinken. Ganz reines Wasser erhält man durch Destillation (s. d. Art.). In Frankreich bildet das Gewicht eines Cubikcentimeters destillirten Wassers bei der Temperatur der grössten Dichtigkeit desselben und reducirt auf den leeren Raum unter dem Namen Gramm die Gewichtseinheit. In Preussen betragen 2 Neupfund genau 1 Kilogramm und 1 preuss. Cbkfuss destillirten Wassers bei 15° R. wird daselbst zu $61^3/_4$ (genauer 61,73785) Neupfund und 1 preuss. Cubikzoll zu $1^1/_{14}$ (genauer 1,07346) Neuloth gerechnet (vergl. Art. Gewichte. S. 397 u. 398). — Sogenanntes hartes Wasser besitzt einen Gehalt an Kalk- und Magnesiasalzen. In demselben lassen sich manche Speisen, z. B. Hülsenfrüchte, nicht weich kochen, auch eignet es sich nicht zum Waschen, da es die Seife unlöslich macht und wenigstens einen grösseren Seifeverbrauch veranlasst. Regenwasser und Flusswasser gehören zu den weichen Wassern.

Wasser, destillirtes, nennt man durch Destillation (s. d. Art.) von fremden Bestandtheilen gereinigtes Wasser. Es ist farb-, geruch- und geschmacklos und darf keinen Rückstand hinterlassen, wenn es abgedampft wird. Ebenso dürfen Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium keine Färbung, Silberlösungen und oxalsaures Ammoniak keine Trübung veranlassen.

Wasserablasshahn heisst ein Hahn zum Ablassen des ganzen Wassers aus einem Dampfkessel. Besser als ein Hahn, der leicht undicht wird, ist ein konischer Stahlzapfen, welcher über dem Feuerroste in dem Kesselboden von einwärts eingetrieben und von aussen verkittet ist und bei nothwendig werdender völliger Entleerung des Kessels durch einige Hammerschläge in das Innere desselben getrieben wird. Hähne finden namentlich bei Kesseln mit Siedern Verwendung.

Wasserader nennt man einen ausfliessenden Wasserstrahl. Wegen der Zusammenziehung der Wasserader s. Art. Ausfluss. S. 61.

Wasserausblaserohr heisst ein Rohr an Dampfkesseln, durch welches das schlammige Kesselwasser, z. B. bei mit Seewasser gespeisten Seedampfschiffen oder wenn das Wasser Zusätze zur Verhinderung der Kesselsteinbildung erhalten hat, durch den Dampf selbst ausgetrieben

werden soll. Im Wesentlichen besteht dasselbe aus einem mit einer trichterförmigen Erweiterung beinahe bis auf den Boden des Kessels herabreichenden und oben durch einen Hahn geschlossenen Rohre.

Wasserbad oder Marienbad heisst eine Vorrichtung, um ohne unmittelbaren Einfluss des Feuers zu destilliren. Das Destillationsgeräth wird in eine mit Wasser gefüllte Blase eingeschlossen, so dass nur durch das heisse, das Destillationsgeräth umgebende Wasser die Destillation eingeleitet wird. Hierdurch erhält man eine stets gleichmässige Temperatur und ein Anbrennen in Folge zu grosser Hitze auf einem Punkte wird vermieden. Will man einen Körper einer höheren Temperatur als der des frei siedenden Wassers aussetzen, so braucht man in ähnlicher Weise Oelbäder. Ebenso wendet man Sandbäder an. Auch in der Küche benutzt man beim Bereiten mancher Speisen (z. B. Pudding) das Wasserbad.

Wasserbarometer Guerike's, s. Art. Barometer. S. 71. — Auch nennt man so ein nach Art des Drebbel'schen Thermometers (s. Art. Thermometer. S. 525) eingerichtetes Instrument, nur dass statt der Kugel an dem umgebogenen unteren Ende ein grösserer Behälter angebracht ist. Der Behälter und die Röhre zind zur Hälfte mit Wasser, oder besser mit einer gefärbten Säure gefüllt, da Wasser beim Gefrieren das Glas zersprengt. Bliebe die Temperatur ungeändert, so würde ein Steigen der Flüssigkeit in dem Rohre einen schwächeren und ein Fallen derselben einen stärkeren Luftdruck andeuten. Da auf den Stand der Flüssigkeit in der Röhre nicht blos der Luftdruck, sondern auch die Temperaturveränderung einen Einfluss ausübt, so kann dies Instrument ebenso wenig die Stelle eines Barometers, wie das Drebbel-sche Thermometer die eines Thermometers vertreten. Bei dem einen vernachlässigt man die Aenderung der Temperatur, bei dem andern die des Luftdrucks.

Wasserdampf, s. Art. Dampf, Dampfbildung etc.

Wasserfahne des Ximenes ist ein Hydrometer zur Bestimmung der Stromgeschwindigkeit. Dieselbe ist nicht bequem und in ihren Resultaten nicht zuverlässig, weshalb wir uns mit dieser Notiz begnügen. Vergl. Art. Flügel, Woltmann'scher.

Wasserhammer. Eine etwa 12 Zoll lange starke Glasröhre von 3 bis 4 Linien Durchmesser, welche an einem Ende zugeschmolzen ist, wird in etwa 8 Zoll Entfernung von diesem Ende verengt, dann in eine kleine Kugel von etwa 5 Linien Durchmesser erweitert, wieder verengt, dann in eine grössere birnförmige Erweiterung ausgeblasen und in eine feine Oeffnung, oder wohl auch nochmals erst in eine kleine Erweiterung, die dann in eine feine Oeffnung ausgeht, ausgezogen. Durch die noch vorhandene Oeffnung füllt man die Glasröhre mit Wasser, indem man dieselbe erwärmt, die Oeffnung in Wasser stellt und abkühlen lässt. Hierauf bringt man das Wasser zum Kochen und verdunstet soviel, bis

der verschlossene Theil etwa noch $^2/_3$ mit Wasser gefüllt ist, schliesst die Oeffnung schnell mit Siegellack und stellt darauf einen Versuch an. Gelingt der Versuch, so schmilzt man die Oeffnung zu, während andernfalls nochmals zu füllen und zu kochen ist. Durch dies Verfahren ist alle Luft aus dem Innern des Apparates herausgetrieben und das Wasser läuft bei Neigung der Röhre nach dem unteren Theile, welches Ende dies auch sein mag. Lässt man in das röhrenförmige Ende Wasser fliessen, bis dieser Theil etwa zu $^1/_3$ gefüllt ist, hebt den Apparat empor und in einem Rucke wieder abwärts, so schlägt das Wasser mit einem Schalle an, als ob ein fester harter Körper gegen das Glas schlüge. Hiervon hat der Apparat seinen Namen Wasserhammer erhalten, weil der Schlag mit Hammerschlägen Aehnlichkeit hat. Der Grund des heftigen Anschlages ist der Mangel an Luft im Innern der Röhre. Wäre Luft im Innern, so würde diese wie ein Kissen wirken und das Wasser nicht gegen das Glas schlagen lassen. Aus demselben Grunde schlägt bei einem Quecksilberbarometer das Quecksilber mit Heftigkeit gegen das geschlossene Röhrenende und zersprengt die Röhre bei unvorsichtiger Bewegung des Instrumentes.

Lässt man das Wasser in das andere, mit Erweiterungen versehene Ende laufen und nimmt die birnförmige Erweiterung in die Hand, so wirkt der Apparat wie ein Pulshammer (s. d. Art.).

Wasserharnisch nennt man eine aus Leder gefertigte und mit Luft aufgeblasene Schwimmjacke. Da ein solcher Harnisch leicht undicht wird, so ist er unsicher; besser sind aus Korkstücken zusammengesetzte Schwimmjacken, die sich ebenso wie ein Brustharnisch befestigen lassen.

Wasserhebel von Lorgna ist ein Hydrometer, steht aber ebenso wie die Wasserfahne anderen Messapparaten nach.

Wasserhebemaschinen, s. die besonderen Artikel: Pumpe; Schraube, archimedische; Seilmaschine; Widder, hydraulischer.

Wasserheizung. Wenn warmes Wasser in einem verschlossenen Gefässe enthalten ist, so kühlt es sich ab und erwärmt mithin die umgebende Luft. Es liegt nahe, diese Wärmemittheilung zur Heizung zu benutzen, zumal das Wasser eine bedeutende Wärmecapacität (s. d. Art.) besitzt. Ein Pfund Wasser von 100° C. entwickelt, wenn es sich bis auf 20° abkühlt, 80 Wärmeeinheiten (s. Art. Calorie), vermag also 8 Pfund Wasser um 10° C. in seiner Temperatur zu erhöhen. Will man also Luft von 10° C. auf 20° C. erwärmen, so würden durch diese 80 Wärmeeinheiten 8 . 4 = 32 Pfund oder etwa 350 Cbkfuss Luft diese Temperaturerhöhung erfahren, da die specifische Wärme der Luft (s. Art. Wärmecapacität. E.) ungefähr 4mal geringer ist, als die des Wassers. Es kommt also darauf an, ein mit warmem Wasser gefülltes Gefäss

in den zu erwärmenden Raum zu bringen und dafür zu sorgen, dass die Wärme, welche das Wasser verliert, wieder ersetzt wird.

Der Apparat, durch welchen dies erreicht wird, gründet sich darauf, dass durch Erwärmung einer Flüssigkeit von unten in derselben Strömungen entstehen (s. Art. Wärme, bewegte). Ein verhältnissmässig grosses, dicht zugeschraubtes Gefäss, ein Wasserkessel, steht zu diesem Zwecke mit Röhren in Verbindung, welche nach den zu erwärmenden Räumen geführt werden und dann wieder zu dem Kessel zurückkehren, indem sie am unteren Theile desselben endigen und in ihn einmünden. Kessel und Röhren sind sämmtlich mit Wasser gefüllt. Die Erwärmung von Zimmerräumen kann man, wie bei der Dampfheizung (s. d. Art.), durch die durchgeleiteten Röhren selbst oder durch besondere, die Stelle der Oefen vertretende, Wasserbehälter bewerkstelligen. Da bei dieser Erwärmung die Heizröhren nur ungefähr bis auf 50° C. erwärmt werden, so müsste man hier eine Wärme abgebende Fläche anwenden, welche noch einmal so gross als bei der Dampfheizung wäre, also 16 bis 20 Quadratfuss Heizfläche auf jede 1000 Cbkfuss Zimmerraum. Dies Verhältniss ist jedoch noch nicht ausreichend, weil bei höheren Temperaturen die Wärmeausstrahlung schneller erfolgt als bei niederen, z. B. ein Quadratfuss sich von 100° C. auf 90° C. schneller, als von 50° C. auf 40° C. abkühlt. Man wird daher 20 bis 30 Quadratfuss Heizfläche auf jede 1000 Cbkfuss zu nehmen haben. Diese von dem Marquis de Chabannas angegebene Heizmethode hat bereits an vielen Orten, namentlich auch in Gewächshäusern, Eingang gefunden. Ein Uebelstand ist der starke Druck der bis über die obersten zu erwärmenden Räume von dem Keller aus, wo der Kessel steht, hinaufreichenden Wassersäule. Der Kessel muss deshalb besonders stark gearbeitet werden, auch verlangt das Dichtmachen der Fugen grosse Vorsicht. Vortheile sind, dass die Construction einfach ist, dass wenig Aufsicht nöthig wird, dass die zu erwärmenden Räume eine leicht zu regulirende zweckmässige Temperatur erhalten, welche Tag und Nacht anhält, wenn auch nur während des Tages gefeuert worden ist, dass für alle Zimmer nur eine Feuerung erforderlich ist.

Eine neue Methode der Wasserheizung durch Wasser von hoher Temperatur (150 bis 200, ja an der Feuerstelle bis 500° C.) hat Perkins 1832 im britischen Museum zu London ausgeführt. Der Apparat besteht aus einer endlosen, mit Wasser gefüllten Röhre, die an der Feuerstelle und da, wo die Wärme abgegeben werden soll, zusammengewunden ist. Redtenbacher giebt in seinen Resultaten § 240. S. 193 die Erfahrungsregeln für diese Heizmethode an.

Als eine dritte Wasserheizmethode führen wir das Thermosiphon von Fowler an. Dieselbe steht den beiden vorher genannten Methoden bedeutend nach und wir erwähnen daher nur, dass der Kessel offen ist und das Röhrensystem nach dem Principe des Hebers wirkt.

Wasserhöhlen sind Höhlen, welche tiefe Wasserbehälter in sich fassen oder durch welche Bäche und Flüsse einen längeren oder kürzeren unterirdischen Lauf nehmen. Es finden sich solche Höhlen namentlich in den zerklüfteten Kalksteingebirgen, z. B. in dem Karst Illyriens, bei Liebenstein unweit Eisenach.

Wasserhose, Wassersäule, Wassertrompete, Wettersäule, Trombe, Seehose, Landhose, Erdtrombe, Landwasserhose, Windhose sind Benennungen für eines der merkwürdigsten und gewaltigsten Meteore, das ebensowohl auf dem Lande (Landhose) als auf dem Wasser (Wasserhose) und zwar nicht blos auf dem Meere, sondern auch auf Flüssen vorkommt. Wegen dieses verschiedenen Auftretens empfiehlt sich als allgemeine Bezeichnung Wettersäule. Die Franzosen bedienen sich des Ausdrucks Trombe, der auch bei uns immermehr in Gebrauch kommt und sich auf die trompetenförmige Gestaltung der dabei auftretenden Wolke bezieht.

Um von der Beschaffenheit des Phänomens eine Vorstellung zu gewinnen, ist es eigentlich nothwendig, mehrere Schilderungen desselben zu geben, da jeder Fall sein Eigenthümliches besitzt; es möge indessen hier das Wesentlichste von der Schilderung einer Wettersäule genügen, welche Gerhard vom Rath (s. Poggend. Annal. Bd. 104. S. 631) geliefert hat.

Die Erscheinung zeigte sich am 10. Juni 1858 unweit Bonn am Rheine. Es mochte 1 Uhr 20 Min. sein, als von der Mehlemer Au, gegenüber Königswinter, gegen SSO. ein aschgraues Band am Himmel gesehen wurde. In seinen oberen Theilen stieg es fast vertical auf, während es unten sich schief emporzog. Die Höhe, welche es erreichte, musste sehr bedeutend, wenigstens 2000 Fuss sein. Wo dasselbe auf dem Boden ruhte, erblickte man eine schwarze Staubmasse in wirbelnder Bewegung hinaufgezogen. Anfangs hatte der Anblick eine gewisse Aehnlichkeit mit einem grossen Brande, dessen Kohlenqualm von heftigem Winde bewegt wird. Der Wirbel war in fortschreitender Bewegung begriffen und zwar gegen NW. Der Spiegel des Rheins war bald erreicht. Da erhob sich das Wasser, indem auf der Peripherie eines Kreises, dessen Durchmesser 50 Schritte betragen mochte, Kämme und Strahlen von Wasser und Schaum empor sprangen. Die Erscheinung glich einer sich drehenden Krone, deren weisse Schaumstrahlen 20 bis 30 Fuss aufschossen. Die innere Kreisfläche zeigte sich dabei zu einem Schilde aufgewölbt und mit Schaum bedeckt. Die Menge des aufgezogenen Wassers und die Höhe, welche es erreichte, wuchs mit dem Fortschreiten. Die Wassersäule näherte sich dem linken Rheinufer und wuchs auf 40 bis 50 Fuss Höhe an. Jetzt begann in der Au gegen SSO. unter einer Erhebung von 45° bis 50° über dem Horizonte eine gelblichweisse Wolkenspitze sichtbar zu werden. Sie hatte die Gestalt eines umgekehrten, etwas schief nach Osten gerichteten Kegels und hob

sich leuchtend ab von graublauen Wetterwolken. — Auf dem linken Ufer angelangt, riss der Wirbel eine unermessliche Staubwolke empor, aus welcher er eine wohl 1000 Fuss hohe Säule bildete. Der Zusammenhang zwischen dem Sandwirbel und der gelblichweissen Wolkenspitze trat jetzt klar hervor. Diese verlängerte sich nämlich nach unten so schnell, dass man mit dem Auge die Bewegung verfolgen konnte. Auf dunklem Himmel erschien sie wie ein glänzender Degen. Die Spitzen der aufstrebenden Sandsäule und der degenförmigen Wolke waren gerade auf einander gerichtet und strebten sich zu vereinigen. So schritt diese Wettersäule auf die Aue zu. Ihre Gewalt wuchs; sie nahm eine schwankende Gestalt an. Bald darauf sprang der Wirbel wieder auf das Wasser mit ungleich grösserer Gewalt als das erste Mal. Die getroffene Stelle verwandelte sich sogleich in eine weisse Schaummasse, das Wasser schien hoch aufzusieden, eine Wolke vom feinsten Wasserstaube lagerte darauf. Mit einem Male erhob sich aus dem wogenden Schaume eine Masse von Wasser und Wasserdunst fast lothrecht, ein wenig nach rechts geneigt. Sie theilte sich alsbald in drei Strahlen, welche mit einander parallel und einander nahe aufwärts strebten. Der mittlere Strahl sprang hoch über die beiden seitlichen empor und näherte sich mehr und mehr der weissen degenförmigen Wolke; die beiden seitlichen Strahlen schienen sich nun in je zwei zu zertheilen, so dass nun fünf erblickt wurden. Der mittelste stieg immer höher der sich herabsenkenden Wolkenspitze zu. Beide vereinigten sich. So wurde das Wasser aus dem Strome in die Wolken gezogen. Der mit der Wolke sich verbindende Strahl schien fast in seiner ganzen Länge eine gleiche Breite zu besitzen; nur dort, wo er im Gewölk verschwamm, erschien er etwas mächtiger. Diese Wasserhose neigte sich anfangs etwas von West gegen Ost. Bald richtete sie sich lothrecht empor und überschritt so den Strom. In jedem Augenblicke veränderte sie ihre Gestalt. Die beiden Nebenstrahlen jederseits des Hauptstrahls verbanden sich zu je einem. Einige Minuten lang hatte die Wassersäule die auffallendste Aehnlichkeit mit einem gothischen Thurme. Lothrecht erhob er sich wie Silber glänzend und berührte mit seiner Spitze die Wolken. Darauf verengte sich die Wassersäule an ihrem Fusse, wo sie auf der wirbelnden und kochenden Wasserstaubmasse ruhte. An dieser Stelle war das Wasser im Rhein nur 1 bis 2 Fuss tief. Nun vereinigten sich alle Strahlen; die Einschnürung verschwand und wie ein Riesenobelisk schwebte die Gestalt auf dem Rheine. Bald erreichte die Säule das rechte Rheinufer. Hier löste sich die Schaumsäule vom Stromspiegel ab. Die schwereren Wassertheile fielen wie niederhangende Fetzen von der aufsteigenden Schaummasse herunter und über das Ufer weg, während der Schaum zu den Wolken gezogen wurde. Zum dritten Male rührte der Wind auf seinem Wege Staub und Sand empor. Die dunkle Masse stieg der weissen Schaumsäule nach; obgleich sie sich berührten, waren beide Theile scharf durch eine hori-

zontale Linie geschieden. Während die Schaummasse gänzlich in den Wolken verschwand und der Staub folgte, nahm die Gewalt ab und es folgte ein wolkenbruchartiger Regen, dem Hagelkörner beigemengt waren. Das ganze Wirbelphänomen dauerte etwa 35 Minuten und richtete mannichfache Verwüstungen an.

Nach Kämtz erscheinen die Wasserhosen nicht allenthalben auf dem Meere gleich häufig; wie es scheint nur da, wo der Passat nicht regelmässig weht und in der Gegend der Calmen (s. d. Art.). Am häufigsten kommen sie in der Nähe des Landes vor, wo Winde und Temperaturen unbeständig sind. Sie scheinen sich vorzüglich in der Nähe hoher und steiler Küsten zu zeigen. Nach Horner sind sie allezeit von örtlichen Gewittern oder mindestens electrischen Erscheinungen begleitet, erscheinen aber nie bei ausgedehnten Gewittern. Ferner behauptet derselbe, dass sie bald von oben aus den Wolken, bald von unten aus dem Wasser entstehen. Den Durchmesser giebt er von 2 bis 200 Fuss, die Höhe von 30 bis 1500 Fuss an.

Es steht fest, dass man es bei den Wettersäulen mit einem Wirbel zu thun hat. Die damit verbundene Aufsaugung veranlasst über Wasser die Wasserhose, über dem Lande die Windhose, die über lockerem Erdreiche zur Sandhose oder Erdtrombe wird. — Ueber die Entstehung des Phänomens ist man noch durchaus nicht im Klaren. — Kämtz hält es für wahrscheinlich, dass die meisten Wasserhosen dadurch entstehen, dass Luftströme in den oberen Regionen der Atmosphäre auf einander treffen und dass bereits hier die Ursache der wirbelnden Bewegung liege. Sind die Luftströme heftig, ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt sehr verschieden, so wird der Dampf mit Schnelligkeit condensirt. Während aber bei den gewöhnlichen Winden die leichten Körper in die Höhe steigen, werden hier die Dampfbläschen von oben nach unten geführt, wobei die Masse von der Wolke aus gegen die Erde an Dicke abnimmt. Hierbei bleiben jedoch immer noch manche Fragen unentschieden.

Wasserlinie nennt man eine rund um ein Schiff laufende Linie, welche den Durchschnitt der Wasserfläche mit den Aussenseiten bezeichnet. Die Ladewasserlinie ist die oberste dieser Linien und zeigt an, wie tief das Schiff ohne Nachtheil beladen werden kann.

Wassernadel, magnetische, gehört in das Gebiet der Wünschelruthe.

Wasserrad heisst ein Rad an der Welle (s. d. Art.), welches durch die Kraft des Wassers — Gewicht, Stoss, Druck — in Bewegung gesetzt wird. Ist die Welle horizontal, so ist das Rad ein verticales: steht die Welle hingegen vertical, so ein horizontales. Bei den verticalen Wasserrädern unterscheidet man oberschlägige oder oberschlächtige mit Zellen im Radumfange, so dass das Gewicht des Wassers, welches sich in diesen fängt, die Bewegung bewirkt; mit-

telschlägige und unterschlägige oder schlächtige mit Schaufeln im Radumfange, so dass bei jenen Stoss und Gewicht des Wassers, bei diesen vorzugsweise nur der Stoss wirkt. — Zu den horizontalen Wasserrädern gehören das Segner'sche Rad (s. Art. Rad, Segner's) und die Turbinen (s. d. Art.). Vergl. auch Art. Pansterrad.

Wasserratte oder Mascara (s. d. Art.).

Wasserrecht oder waagerecht oder horizontal; s. d. Art. und Schwere. C. S. 405.

Wasserregulatoren sind den Gasometern (s. d. Art.), wie man sie bei der Gasbeleuchtung hat, gleich eingerichtet und dienen zur Erzielung eines gleichmässigen Luftstromes. Den Gegensatz bilden die Trockenregulatoren.

Wassersäulengebläse, s. Art. Gebläse.

Wassersäulenmaschine heisst eine Wasserhebungsmaschine, bei welcher durch den Druck einer Wassersäule der Kolben eines Cylinders in Bewegung gesetzt wird, wie bei der Dampfmaschine durch die Expansivkraft des Dampfes. Hat der Kolben den Weg nach oben durch den Druck des Wassers zurückgelegt, so wird die Einfallröhre, welche das Wasser zuführt, abgesperrt und das Wasser aus dem Cylinder abgelassen. Hierauf geht der Kolben durch sein eigenes Gewicht und die an ihm befindliche Last wieder nach unten. Oeffnet man dann die Einfallröhre wieder und lässt wieder Treibwasser zu, so beginnt das Kolbenspiel von Neuem. Diese Einrichtung ist die der atmosphärischen Dampfmaschine (s. Art. Dampfmaschine. S. 194 und 195). Es liegt nahe, die Maschine doppeltwirkend zu machen, ebenso zweistiefelige einzurichten, wie bei der Luftpumpe. — Die Einfallröhre muss, wie bei den Turbinen, eine möglichst grosse Höhe haben, wenn das Treibwasser einen bedeutenden Druck ausüben soll. — Die erste Wassersäulenmaschine sollen 1731 Denizard und de la Duaille in Frankreich erbaut haben. In den braunschweigischen Bergwerken des Harzes legte 1748 Winterschmidt eine solche Maschine an, die sich jedoch nicht bewährte. Dem Oberkunstmeister J. K. Höll zu Schemnitz in Ungarn gebührt das Verdienst, 1749 im Leopoldi-Schachte daselbst eine brauchbare Wassersäulenmaschine ausgeführt zu haben, welche lange als Muster diente. Eine der vorzüglichsten legte v. Reichenbach zur Hebung der Soolenleitung zu Illsang in Baiern an. Die Soole, welche bei Berchtesgaden nicht alle versotten werden kann, wird über Berge hinweg und durch Thäler hindurch bis nach Reichenhall geleitet. Die Leitung ist 90464 preuss. Fuss lang. Auf dieser Strecke liegt Illsang. Von Reichenhall geht eine zweite Leitung nach Hammer von 67529 preuss. Fuss Länge, und von da noch eine 186161 preuss. Fuss lange Leitung nach Rosenheim. Von Reichenhall bis Rosenheim sind neben anderen Hebewerken allein 8 Wassersäulenmaschinen.



Wasserschnecke, } s. Art. Schraube, archimedische.
Wasserschraube, }

Wasserschwelle, s. Art. Schwellen und Schwelle der Flüsse.

Wasserspiegel, s. Art. Niveau und Hydrostatik. A.

Wasserstoffgas-Feuerzeug ist die Platin-Feuermaschine und das electrische Feuerzeug; s. Art. Feuerzeug. S. 335.

Wasserstrahl, s. Art. Ausfluss. A. namentlich S. 61 — 63.

Wassertrommelgebläse, s. Art. Gebläse.

Wassertrompete oder Waserhose, s. d. Art.

Wassertropfen, s. Art. Tropfen.

Wasseruhr, s. Art. Uhr. B.

Wasserwaage, s. Art. Canalwaage.

Wasserwand, eine, wird von vielen über einander geschobenen Wellen gebildet, welche, indem sie über eine Untiefe getrieben werden, sich stark ausbreiten und gleich einer über dem Wasser hervorragenden Mauer oft viele Fuss in die Höhe schwellen, endlich zerreissen und in sich selbst zusammenstürzen. Vergl. Art. Brandung.

Wasserzersetzung, galvanische. Wenn man die beiden Poldrähte einer galvanischen Säule (s. Art. Galvanismus und Säule) in Wasser taucht, so sieht man an den Drahtenden Gasblasen aufsteigen. und die genauere Untersuchung zeigt, dass an dem positiven Pole Sauerstoff und an dem negativen Wasserstoff frei wird, falls die beiden Poldrähte aus einem nicht leicht oxydirbaren Metalle, z. B. aus Platin, bestehen. Die Stärke der Gasentwickelung oder Wasserzersetzung gewährt einen Anhalt zur Messung der Stromstärke, worüber Art. Voltameter das Nähere enthält. — Die galvanische Wasserzersetzung wurde in England zuerst von Carlisle und in Deutschland von Ritter (1806) wahrgenommen.

Wasserziehen ist ein eigenthümliches, nicht selten vorkommendes Lichtmeteor, welches sich zeigt, wenn die Sonne hinter einem Gewölke, das im Begriffe ist, Regen zu ergiessen, steht und durch einige Oeffnungen desselben hindurchscheinend die Luft beleuchtet. Die Wassertröpfchen reflectiren dann das Licht und es erscheinen Streifen, welche lichter sind als ihr Grund und lichter als die nebenliegenden von der Wolke gebildeten Schattenräume. Die Streifen scheinen sich hinter der Wolke zu vereinigen und gegen die Sonne hin zu convergiren. Dies Phänomen zeigt sich im Sommer häufiger als im Winter und bei niedrigem Sonnenstande öfter als bei hohem. Selten ereignet es sich, dass man Strahlen sieht, die von einem der Sonne gerade entgegengesetzten Punkte des Firmaments auszufahren scheinen, aber immer viel schwächer sind als die vorher erwähnten, obwohl sie mit diesen gleiche Ursache haben. Die von der Sonne ausgehenden, nach der entgegengesetzten Seite des Himmels parallel unter einander hinfahrenden Strahlen werden durch

Reflexion an den Dünsten der untern Luftregion ebenso sichtbar, wie die Lichtstrahlen in einem dunklen Zimmer durch Reflexion an den feinen, in der Luft schwebenden Stäubchen. Ihre Convergenz gegen die entferntesten Stellen beruht auf den Gesetzen der Perspective. Vergl. überdies Art. Dämmerungsstrahlen.

Watt's Parallelogramm, s. Art. Dampfmaschine. S. 193.

Wedgwood'sche Grade und Wedgwood's Pyrometer, s. Art. Pyrometer. S. 292.

Weg oder Bahn, s. d. Art.

Wegmass, s. Art. Meile.

Wegmesser, s. Art. Hodometer.

Weich ist der Gegensatz von hart (s. d. Art. und Härte). Ein Körper ist um so weicher, je geringer der Widerstand ist, welchen er bei dem Versuche, in ihm Eindrücke hervorzubringen, entgegensetzt.

Wein scheinbar aus Wasser zu erzeugen, s. Art. Passevin.

Weingeist, Alkohol, Spiritus kann hier nur in physikalischer Hinsicht Berücksichtigung finden. Der reine, wasserfreie, absolute Alkohol ist eine sehr flüchtige, farblose, leicht entzündbare Flüssigkeit, die einen durchdringenden, angenehmen Geruch und einen hitzigen scharfen Geschmack besitzt. Die Verwandtschaft des Alkohols zu Wasser ist so gross, dass er selbst aus der Luft Wasser anzieht. Specifisches Gewicht = 0,7938 bei 15° C. und 0,8062 bei 0° C.; Siedepunkt = 78°,41 bei 760^{mm} Barometerstand nach Gay-Lussac und = 76° bei 745^{mm} nach Dumas und Boullay. Zusatz von Wasser erhöht das specifische Gewicht und verringert die Flüchtigkeit. Nach Sömmering soll jedoch Alkohol mit 3 Proc. Wasser flüchtiger als der absolute sein und bei 6 Proc. genau so flüchtig. 1 Volumen Alkohol giebt bei 100° C. 488,3 Volumina Dampf. — Wegen der Volumenveränderung bei Temperaturveränderung s. Art. Ausdehnung. S. 56 und 57. Da der Weingeist sich bei niedrigen Temperaturen der Wärme mehr proportional ausdehnt und zusammenzieht als bei höheren, was bei Quecksilber für Temperaturen unter 0° C. nicht mehr gilt; überdies derselbe noch nicht — selbst bei 100° C. unter Null — in den festen Aggregatzustand hat übergeführt werden können: so wird derselbe als thermometrische Substanz namentlich für niedrige Temperaturen (— Quecksilber erstarrt bei — 40°,5 C. —) verwendet (s. Art. Thermometer. S. 521). — Wegen der Bestimmung des Wasser- und absoluten Spiritusgehaltes irgend einer Sorte Spiritus s. Art. Alkoholometer. — Namentlich wegen des nicht russigen Brennens findet der Spiritus als Brennmaterial Verwendung in der Weingeist- oder Spirituslampe (s. d. Art.).

Weingeistlampe, s. Art. Spirituslampe.

Weingeistlampengebläse ist eine Dampfkugel (s. d. Art.), bei welcher das Blaserohr in die Flamme umgebogen ist, so dass man eine

zum Löthen (s. d. Art. und Löthrohr) benutzbare Stichflamme erhält.

Weingeistthermometer, s. Art. Thermometer und Weingeist.

Weinmesser oder Oenometer, s. d. Art.

Weinwaage, s. Art. Mostmesser.

Weissglühen und **Weissgluth**. Beim Glühen (s. d. Art.) treten verschiedene Farben am glühenden Körper auf und bei den höchsten Hitzegraden (s. Art. Gluth und Pyrometer. S. 294) zeigt sich Weiss. Ist dies erreicht, so nennt man die Temperatur die Weissgluth und sagt von dem Körper, er glühe weiss. Das Weissglühen beginnt bei etwa 1300° C.

Weite des deutlichen Sehens oder Sehweite, s. Art. Sehen. S. 416.

Weitsichtig oder presbyopisch. } Ein Auge heisst weitsich-
Weitsichtigkeit oder Presbyopie. } tig, bei welchem die Entfernung des deutlichen Sehens (s. Art. Sehen. S. 416) weiter abliegt als bei dem gesunden Auge, wohl gar einige Fuss. Bei solchen Augen, die also an dem Fehler der Weitsichtigkeit leiden, ist die Accommodation (s. d. Art.) unvollständig, die Lichtstrahlen näherer Gegenstände würden sich erst hinter der Netzhaut vereinigen und es wird daher eine convexe Brille (s. Art. Brillen) nöthig, um in solchen Fällen ein deutliches Sehen zu ermöglichen. Die Weitsichtigkeit stellt sich meist im vorgerückten Alter ein und darauf bezieht sich die griechische Benennung, indem *presbys* alt bedeutet.

Welle am Rade, s. Art. Rad an der Welle.

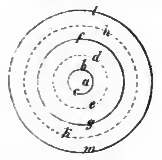
Welle bei Wellenbewegung, s. Art. Wellenbewegung, namentlich Schluss von A. wegen der Meereswellen. Früher nahm man grossartige atmosphärische Wellen an, um die nicht-periodischen Veränderungen des Barometers zu erklären. Diese Wellen sollten sich nach Art der Schallwellen über grössere Theile der Erdoberfläche mit bedeutender Geschwindigkeit fortpflanzen. Da sich diese nicht-periodischen Veränderungen aus dem Dove'schen Drehungsgesetze ergeben, so ist die Annahme dieser atmosphärischen Wellen entschieden zu verwerfen.

Wellenberg, s. den folgenden Artikel I. A. und III. A.

Wellenbewegung oder undulatorische Bewegung nennt man eine schwingende (oscillirende, vibrirende) Bewegung, welche von dem Orte der Erregung aus sich weiter fortpflanzt und zu nicht unmittelbar erregten Theilchen fortschreitet. Als Beispiel können die Ringe gelten, welche sich auf einem ruhigen Gewässer bilden, wenn man an einer Stelle, z. B. durch ein hineinfallendes Steinchen, das Gleichgewicht stört. Um die Erscheinung genauer zu erfassen, werden wir die Wellenbewegung auf und an der Oberfläche einer Flüssigkeit im Allgemeinen,

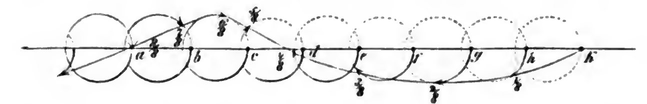
an vorzugsweise nach der Länge sich erstreckenden Körpern (Seilen) und im Innern elastischer Medien von einander trennen.

I. Oberflächenwellen. A. Oberflächenwellen auf einer Flüssigkeit im Allgemeinen. Wenn an einer Stelle auf der ruhigen Oberfläche eines tropfbarflüssigen Körpers durch irgend eine äussere Einwirkung eine augenblickliche Vertiefung erzeugt wird, so treten folgende Erscheinungen nach einander ein. Im ersten Stadium bildet sich um die betreffende Stelle eine kreisförmige, den Gleichgewichtszustand überragende Erhöhung (*bc* in nebenstehender Figur). Im zweiten, bald darauf folgenden Stadium entsteht an der Stelle der Erhöhung (*bc*) eine Vertiefung und in grösserem Abstande eine neue, mit der vorhergehenden concentrische Erhöhung (*de*), während gleichzeitig im Mittelpunkte (*a*) die Flüssigkeit sich staut. Im dritten Stadium zeigen sich zwei concentrische Erhöhungen, von denen die engere an derselben Stelle (*bc*) wie im ersten Stadium sich befindet, die weitere (*fg*) in noch grösserer Entfernung als im zweiten ihre Stelle einnimmt, während im Mittelpunkte (*a*) und an der Stelle der vorhergehenden Erhöhung (*de*) Vertiefungen sich bilden. Im vierten Stadium tritt die Erscheinung des zweiten mit der Veränderung ein, dass an der Stelle der äusseren Erhöhung des dritten Stadiums eine Vertiefung und in noch grösserer Entfernung eine neue concentrische Erhöhung (*hk*) sich einstellt. Im fünften Stadium bildet sich in gleicher Weise der Zustand des dritten mit sich anschliessender Vertiefung an der Stelle der äussersten Erhöhung des vierten Stadiums und einer neuen noch weiter abliegenden Erhöhung (*lm*), u. s. f. Hierbei werden die äusseren sich neu bildenden Erhöhungen und darauf folgenden Vertiefungen immer flacher, die dem Mittelpunkte näheren nehmen ebenso ab und endlich stellt sich wieder der Gleichgewichtszustand her. — Da hier von der Erregungsstelle (*a*) aus die eingeleitete, von *a* nach *bc* und zurück schwingende Bewegung sich immer weiter fortpflanzt, so ist die Erscheinung eine Wellenbewegung. Die Erhöhungen nennt man Wellenberge, die Vertiefungen Wellenthäler. Die Entfernung des Gipfels eines Wellenberges über dem ursprünglichen Niveau ist die Höhe desselben, diejenige der tiefsten Stelle eines Wellenthales unter dem Niveau die Tiefe desselben. Höhe des Wellenberges und Tiefe des Wellenthales geben zusammen die Höhe der ganzen Welle. Die im ursprünglichen Niveau liegende Basis des Wellenberges heisst die Breite oder Länge des Wellenberges; dasselbe gilt für das Wellenthal, und beide zusammen geben die Breite oder Länge der Welle. Den, in der Fortschreitungsrichtung gerechnet, ansteigenden Theil eines Wellenberges nennt man Hintertheil desselben, den ab-





steigenden den Vordertheil; umgekehrt heisst der absteigende Theil eines Wellenthals der Hintertheil und der ansteigende der Vordertheil desselben. — Die Ursache dieser Wellenbewegung ist die Schwerkraft, durch welche die Flüssigkeitstheilchen ihre Gleichgewichtslage wieder zu gewinnen suchen. Es beruht aber die Wellenbewegung im Besonderen auf Schwingungen der Flüssigkeitstheilchen. Die Schwingungsbahnen dieser Theilchen laufen, wenn die auf einander folgenden, unter einander verbundenen Wellenberge und Wellenthäler gleich oder fast gleich gestaltet sind, in sich selbst zurück und sind anscheinend Ellipsen, welche in der Verticalebene liegen; bei ungleicher Gestaltung der unter einander verbundenen Wellenberge und Wellenthäler laufen die Bahnen aber nicht in sich zurück, sondern der zurückkehrende Theil ist kürzer als der vorwärtsschreitende. Nahe an der Oberfläche nähern sich die Ellipsen sehr dem Kreise, mit zunehmender Tiefe werden sie immer gestreckter, so dass die Bewegung schliesslich in horizontalen Linien erfolgt. Das Fortschreiten der Schwingung der Flüssigkeitstheilchen besteht darin, dass die horizontal, in der Richtung der fortschreitenden Welle, hinter einander liegenden Theilchen successiv in eine schwingende Bewegung gerathen und zwar so, dass sich niemals mehrere derselben, die zu einer Welle gehören, gleichzeitig in entsprechenden Punkten ihrer Schwingungsbahnen befinden, sondern erst successive in diese Punkte kommen, daher sich auch in ihrer Bewegung nicht stören. — Die Wellenbewegung ist somit nur die Form, welche die Oberfläche in Folge der Bewegung der Flüssigkeitstheilchen annimmt. Es erklärt sich aus dieser schwingenden Bewegung der einzelnen Theilchen z. B., warum der Schwimmer an einer Angelschnur beim Wellenschlage stets nur hin und her rückt und nicht mit der Welle fortschreitet; denn die schwingenden Theilchen kommen im Allgemeinen an ihre frühere Stelle zurück. — Während ein Theilchen der Flüssigkeit einmal seine Bahn durchläuft, schreitet die Welle, in der sich das Theilchen befindet, um soviel als ihre Länge beträgt, fort, und daher durchläuft auch ein Theilchen ebenso vielmal seine Bahn, als Wellen durch den Raum gehen, wo sich das Theilchen bewegt. — Um den ganzen Hergang noch mehr zu veranschaulichen, legen wir noch eine Figur zu Grunde, in welcher *a b c . . . h* acht hinter einander liegende Flüssig-



keitstheilchen einer Welle von der Länge *ak* vorstellen, und zwar in der Weise, dass *a* einen ganzen Umlauf vollendet hat, *b* erst $^7/_8$, *c* $^6/_8$ u. s. w. Die Wellenoberfläche liegt hiernach in den Punkten *a*, $^7/_8$, $^6/_8$, $^5/_8$, $^4/_8$,

^3s, ^2s, ^1s, k. Zugleich sehen wir hier, dass der Vordertheil des Wellenberges stärker gekrümmt ist, als der Hintertheil desselben und dass überhaupt der Wellenberg anders gekrümmt ist als das Wellenthal.

Die Wellenbewegung tropfbarer Flüssigkeiten ist erst (1825) durch die Gebrüder Weber umfassend untersucht worden. Sie bedienten sich dabei einer besonderen Vorrichtung, welcher sie den Namen Wellenrinne (s. d. Art.) gaben. Hierbei bemerkten sie ausser dem bereits Angeführten, dass die in der Nähe der Oberfläche liegenden Theilchen einer Flüssigkeit ihre Bahn nicht ganz so geschwind durchlaufen wie die lothrecht unter ihnen, von der Oberfläche entfernter liegenden Theilchen. — Ferner ergab sich, dass die Geschwindigkeit der Welle von ihrer Höhe und Länge abhängt, also von der Grösse der wellenerregenden Kraft. Geringe Tiefe der Flüssigkeit vermindert die Geschwindigkeit der Wellen, grosse Tiefe vermehrt sie. Das specifische Gewicht der Flüssigkeiten scheint keinen Einfluss weder zur Beschleunigung noch zur Verlangsamung der Wellen zu äussern.

Auf grösseren Wasserflächen kann der Wind dadurch Wellen erregen, dass er das Wasser niederdrückt oder niederstösst — ähnlich sind die Wellen, welche über Getreidefelder fortlaufen —; hat der Wind eine horizontale, also längs der Oberfläche fortgehende Richtung, so erzeugt er die kleinen sogenannten Kräuselwellen. Bisweilen stellen sich auf dem Meere Wellen eher ein, als der Wind an den Ort kommt; auch kommt es vor, dass das Meer sich wieder besänftigt, ohne dass sich überhaupt ein Wind einstellt. Dies erklärt sich daraus, dass der Wind eine locale Strömung sein kann, und dass die Erregung des Meeres sich dann auch seitlich von der unmittelbar erregten Stelle fortpflanzt. — In der Nachbarschaft von Wirbelstürmen (s. Art. Sturm) werden die heftigsten Wellen erregt, wenn auch der Sturm selbst nicht darüber schreitet. — Bei starkem Winde oder beim Passatwinde soll die Geschwindigkeit der Wellenbewegung gegen 20 engl. Meilen in einer Secunde betragen. — Als grösste Wellenhöhe giebt man 20 Meter an. — Bei heftigen Stürmen hat man das Meerwasser noch bis zu 40 Meter Tiefe trübe und unruhig gefunden. Als Ursachen, von denen die Vergrösserung der Meereswellen abhängt, führen die Gebrüder Weber an: 1) die fortgesetzte Wirkung des Windes auf diejenigen Wellenstücke, welche in der Richtung des Windes fortgehen, 2) die Vereinigung mehrerer nach einer gemeinschaftlichen Richtung fortschreitender kleinerer Wellenstücke zu einer grösseren Welle, 3) den Druck, durch welchen jede vorausgehende Welle die ihr zunächst nachfolgende unterstützt und vergrössert oder auch neue Wellen nach sich erregt, 4) die Durchkreuzung von Wellen, die in entgegengesetzter Richtung fortgehen. — Wegen der Fluthwellen s. Art. Ebbe; ebenso s. Art. Transmissionswellen wegen der so bezeichneten Wellenart; wegen der Brandungs-

wellen s. Art. Brandung. — Als Thatsache führen wir noch an, dass durch die Ausbreitung von Oel auf der Oberfläche des Wassers der durch den Wind erregte Wellenschlag besänftigt wird, weil dann die Reibung des Windes auf der Fläche gemindert wird und der Wind folglich einen geringeren Druck ausübt.

Bezeichnet man die Höhe eines Wellenberges mit h, die Breite desselben mit b, und nimmt man den Anfang des Wellenberges als Anfangspunkt eines rechtwinkeligen Coordinatensystems, dessen x-Axe im ursprünglichen Niveau der Flüssigkeit liegt, so ist $y = h \, . \, sin \, \frac{x}{b} \pi$ die Gleichung der Wellenlinie.

B. Reflexion von Oberflächenwellen. Wenn Wellen, die auf der Oberfläche einer Flüssigkeit erregt sind, auf ein Hinderniss in ihrem Fortschreiten treffen, so gehen von diesem neue Wellen zurück. Man sagt dann, es habe eine Zurückwerfung oder Reflexion der Wellen stattgefunden. — Reflectirte Wellen gehen so zurück, als ob sie von einem Mittelpunkte kämen, der ebenso weit hinter dem Hindernisse liegt, als der Mittelpunkt der anschlagenden vor demselben. Es ergiebt sich dies aus den Gesetzen des Stosses elastischer Körper (s. Art. Stoss).— An Beispielen fehlt es nicht und kann man sich selbst auf einem kleineren Wasserbehälter von der Thatsache überzeugen.

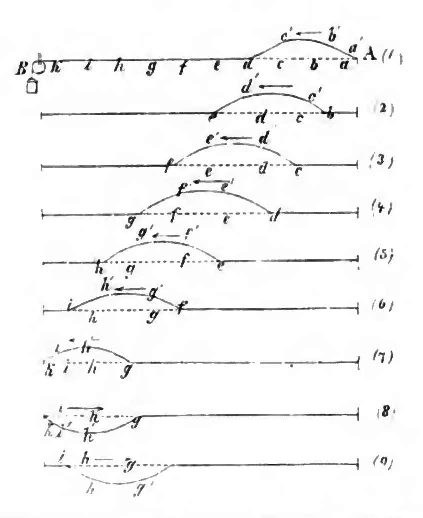
C. Interferenz der Oberflächenwellen, s. Art. Interferenz. A.

D. Beugung oder Inflexion der Oberflächenwellen. Wegen des Begriffes der Inflexion s. den Eingang des Art. Inflexion. S. 496. — Stossen Wellen gegen eine feste Wand mit einer Oeffnung, so gehen die Theile, welche auf die Mitte der Oeffnung treffen, ungehindert hindurch, aber am Rande veranlasst der Anstoss eine Störung und jede Stelle, an welcher eine solche stattfindet, wird der Ausgangspunkt neuer Wellen; es bilden sich also am Rande neue Wellensysteme, von denen die eine Hälfte vor, die andere hinter der Oeffnung fortschreitet. Diese Erscheinung, welche namentlich in einem seitlichen Fortschreiten der Wellen hinter der Oeffnung sich auffallend markirt, nennt man die Beugung oder Inflexion der Wellen. Da diese neu erregten Wellen in die Wellen, welche durch die Oeffnung ungehindert fortgeschritten sind, und ebenso die an verschiedenen Stellen erregten in einander eingreifen, so sind Interferenzen eine nothwendige Folge der Beugung. — Wirbel beim Durchstreichen durch eine ruhige Flüssigkeit, z. B. mit einem Ruder, oder beim Anstossen einer fliessenden Flüssigkeit an einen in derselben feststehenden Körper gehören ebenfalls zu den Beugungserscheinungen.

E. Stehende Oberflächenwellen. Die gewöhnlichen Wellen auf der Oberfläche von Flüssigkeiten sind fortschreitende;

durchkreuzen sich aber gleich grosse Wellen continuirlich in entgegengesetzter Richtung, so tritt kein sichtliches Fortschreiten der Wellen ein, sondern an derselben Stelle wechselt Wellenberg und Wellenthal ab. Solche Wellen nennt man stehende. — Die Gebrüder Weber erregten in ihrer Wellenrinne dadurch stehende Wellen, dass sie an dem einen Ende ein Brettchen in die Flüssigkeit senkrecht zu dem Boden und auch senkrecht zu den Seitenwänden, mit dem unteren Rande auf dem Boden aufstehend, einsetzten und um den unteren Rand wie um ein Charnier im Tacte hin und her bewegten. Durch Probiren kann man es erreichen, dass die erregten Wellen gerade die Länge der Rinne oder eines aliquoten Theils derselben erhalten. Dann zeigen sich stehende Wellen mit Knoten und Bäuchen (s. Art. Bauch und Ton. B. 1. c.). — Die Flüssigkeitstheilchen bewegen sich hier nicht in geschlossenen Curven, sondern gehen durch dieselben Punkte derselben Bahn wieder zurück.

II. Seilwellen. Bringt man die an dem einen Ende eines langen gespannten Seiles befindlichen Theile plötzlich, z. B. durch einen Schlag, aus ihrer Ruhelage und überlässt sie dann sich selbst, so entsteht in Folge der Elasticität des Seiles eine nach dem anderen Ende fortschreitende Wellenbewegung, und ist die Welle an dem anderen Ende angelangt, so kehrt sie von diesem in umgekehrter Lage zurück. Erregt man wiederholt an derselben Stelle Wellen, so werden die vorwärtsschreitenden mit den zurückgehenden interferiren; es kann aber auch geschehen, nämlich wenn die Wellen gleiche Länge haben, dass sich dann stehende Wellen (s. I. E.) bilden. Auch hier heissen die Stellen, welche an der Bewegung nicht Theil nehmen, Knoten, die zu den Seiten der Knoten liegenden Theile aber, welche schwingen, Bäuche. — Die Gebrüder Weber spannten ein 50 Ellen langes, $^1/_2$ bis 1 Zoll dickes Seil aus und sahen dieselbe Welle 12 bis 16mal hin- und herlaufen, wobei die Ausbeugung beim Hingange und Rückgange entgegengesetzt (nach oben und nach unten) gewendet war. Die umstehende Zeichnung stellt die Erscheinung an einem Seile *AB* vor, welches einen einmaligen Stoss erhalten hat, durch welchen die Theilchen *abcd* in die Lage *a'b'c'd* gekommen sind. No. 1 zeigt die Form des Seiles unmittelbar nach dem Stosse; No. 2 nach $^1/_3$ der Zeit, welche *a'b'c'* brauchen, um in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren; No. 3 nach $^2/_3$ derselben Zeit; No. 4 in dem Augenblicke, in welchem *abcd* wieder in ihrer ursprünglichen Lage sind u. s. f. Die Fortbewegung der Welle oder der Ausbeugung von *abc* nach dem entgegengesetzten Ende des Seiles und zurück ist keine wirkliche, sondern nur eine scheinbare Bewegung eines und desselben Körpers; es findet nämlich nur eine successive Schwingung der einzelnen Theilchen des Seiles nach einer Seite und von da wieder nach ihrem vorigen Orte statt, z. B. *b* bewegt sich nach *b'* und dann wieder zurück nach *b*. Da aber die einzelnen Theilchen des Seiles nicht gleichzeitig in diese Bewegung gerathen, so be-



finden sich die Theilchen, welche an der Bildung einer Welle oder Ausbeugung zu gleicher Zeit Antheil nehmen, jedes an einer anderen Stelle der Schwingungsbahn. Die sich fortbewegende Welle ist somit nur eine Form, die während ihres Fortrückens immer von anderen Theilchen des Seiles gebildet wird. — Stehende Schwingungen erregt man an einem Seile am leichtesten, wenn man dasselbe an einem Ende befestigt und mit der Hand am anderen Ende kleine Kreise beschreibt. Je nach der Geschwindigkeit der Bewegung schwingt das ganze Seil, oder mit einem Knoten und zwei Bäuchen, oder mit zwei Knoten und drei Bäuchen.

III. Wellen im Innern elastischer Medien. Wenn an einer Stelle im Innern eines elastischen Mediums Schwingungen erregt werden, z. B. durch Abschiessen einer Pistole in der Gondel eines in der Luft schwebenden Luftballons, so treten im Allgemeinen in dem Medium Dichtigkeitsveränderungen ein, welche man wegen des dabei stattfindenden Wechsels zwischen Verdichtungen und Verdünnungen ebenfalls Wellen nennt.

A. Um den Hergang besser übersehen zu können, betrachten wir zunächst die Wellenbewegung in einem langen cylindrischen elastischen Körper von gleicher Dichtigkeit, wenn eine Endfläche in hin- und hergehende Bewegung versetzt wird.

Denken wir uns in umstehender Figur *I* die Fläche p des elastischen Körpers in einer gewissen Zeit zwischen den Lagen aa und bb

hin- und hergehend, so wird diese Bewegung nicht mit stets wachsender Geschwindigkeit von *a* bis *b* gehen und dann plötzlich umkehren können, sondern in der ersten Hälfte des Hinganges beschleunigt, in der zweiten verzögert sein müssen. Andernfalls würde die Bewegung eine ruckweise sein. Dasselbe wird bei dem Rückgange von *b* nach *a* der Fall

Fig. I. Fig. II.

sein. Denken wir uns die Zeit eines Hinganges in 6 gleiche Zeitabschnitte getheilt und stellt in nebenstehender Figur II. *ab* den Abstand der Lagen *aa* und *bb* vergrössert vor, so mögen die auf einander folgenden, mit Zahlen bezeichneten Strecken die in den einzelnen Zeitabschnitten zurückgelegten Wege der Fläche *p* vorstellen. Da der Körper elastisch sein soll, so wirkt die erste, unmittelbar hinter *p* liegende Schicht in Folge des erhaltenen Antriebes auf die nächst folgende, diese auf die ihr folgende u. s. f. Denken wir den Hingang in 6 Stössen erfolgend und den Körper in Schichten getheilt, von einer Länge, welche der Wirkung des ersten Stosses entspricht, so hat der erste Stoss, wenn der 6. erfolgt, seine Wirkung bis auf die 6. Schicht erstreckt, indem — wie bei elastischen Kugeln von gleicher Masse (s. Art. Stoss. B. S. 467) — jede stossende zur Ruhe und die gestossene in Bewegung kommt. Der 2. Stoss hat sich dann bis zur 5. Schicht erstreckt; der 3. bis zur 4.; der 4. bis zur 3.; der 5. bis zur 2. und der 6. nur auf die 1. Es würde folglich von der 6. Schicht rückwärts zur 5., 4., . . . eine Dichtigkeitszunahme eingetreten sein müssen, da die 7. Schicht und die folgenden noch gar keine Einwirkung erfahren haben. Diese Dichtigkeitszunahme kann sich aber nicht bis zur Lage *bb* der Fläche *p* erstrecken, wenn die erste Schicht durch die 6 Stösse eine Einwirkung erfahren hat, die bei ihr auf eine grössere Ferne, als der Abstand der Lagen *aa* und *bb* von einander ist, reicht; folglich wird in der Mitte zwischen der 6. Schicht und der Lage *bb* die grösste Dichtigkeit herrschen und diese von da aus nach beiden Seiten abnehmen, wie es auch in Folge des Widerstandes der Masse zu erwarten steht. — Geht nun die Fläche *p* aus der Lage *bb* in die von *aa* zurück, so wird sich die Wirkung der 6 ersten Stösse in der Zeit des Rückganges noch um 6 Schichten weiter, also bis zur 12. fortgepflanzt haben und mithin bei Ankunft der Fläche *p* in *aa* ein Vorwärtsrücken der 7. Schicht und der folgenden bis zur 12. hin eingetreten sein und eine Stelle grösster Verdichtung in der Gegend der 9. Schicht sich finden. Zu gleicher Zeit wird in den ersten 6 Schichten eine Veränderung vor sich gehen. Wegen der Elasticität des Mediums wird es so sein, als ob die 6 folgenden

Stösse (von 6 bis 12 in Fig. II.) von der Stelle der grössten Verdichtung sowohl vor- als rückwärts erfolgten. Es verringert sich also der vorher eingetretene Dichtigkeitszustand von der Stelle der grössten Verdichtung bei der 3. Schicht nach beiden Seiten hin; die Dichtigkeitsabnahme überschreitet sogar an der Stelle der 3. Schicht die ursprüngliche Dichtigkeit und es tritt da, wo vorher die grösste Dichtigkeit war, eine in demselben Verhältnisse stehende Verdünnung in der Weise ein, dass von da an die Dichtigkeit nach beiden Seiten hin zunimmt, bis sie eben in der Gegend der 9. Schicht ihr Maximum erreicht. — Geht *p* nun wieder vorwärts in die Lage *b b*, so pflanzt sich in dieser Zeit der erste Stoss bis zur 18. Schicht fort; bei der 15. Schicht bildet sich eine Stelle grösster Dichtigkeit, bei der 9. eine Stelle grösster Verdünnung und bei der dritten wieder eine grösster Verdichtung. Langt *p* wieder in *a a* an, so ist bei der 3. und 15. Schicht eine Stelle grösster Verdünnung, aber bei der 9. und 21. eine solche grösster Verdichtung, da nun der erste Stoss sich bis zu der 24. Schicht fortgepflanzt hat. — Jetzt wird man den weiteren Fortgang übersehen. Vergleicht man die Verdichtungsstellen mit den Wellenbergen und die Verdünnungsstellen mit den Wellenthälern bei den Oberflächenwellen, so ergiebt sich — da ja hier ebenfalls ein Hin- und Herschwingen der einzelnen Theilchen eintritt und das Fortschreiten nur successiv erfolgt — eine solche Uebereinstimmung, dass man hier die eintretenden Veränderungen mit Recht als eine Wellenbewegung bezeichnen kann.

Den in der Fortschreitungsrichtung gemessenen Abstand zweier auf einander folgenden Stellen grösster Dichtigkeit nennt man eine Wellenlänge. — Sind in Fig. I. *c c* und *f f* zwei solche auf einander folgende Stellen, so ist *c f* die Wellenlänge; in *e e* ist die Stelle der grössten Verdünnung (Wellenthal) und in *m m* und *n n* ist die Dichtigkeit der ursprünglichen gleich. Von *c* bis *m* reicht der Vordertheil einer Verdichtung, von *m* bis *e* der Hintertheil und von *e* bis *n* der Vordertheil der darauf folgenden Verdünnung und von *n* bis *f* liegt der Hintertheil der nun beginnenden Verdichtung. — Dergleichen Wellenbewegungen finden sich bei den Pfeifen (s. Art. Labialpfeife und Zungenpfeife), bei denen die eingeschlossene Luft der elastische schwingende Körper ist; man kann sich aber auch schon bei einer gespannten Saite von den eintretenden Verdichtungen und Verdünnungen überzeugen, wenn man eine solche der Länge nach mit einem Tuchläppchen, welches mit Colophonium bestrichen ist, reibt. In diesem Falle rücken umgeknickte Papierstreifchen, sogenannte Reiterchen, welche man auf die Saite setzt, hin und her, je nachdem die im Innern der Saite eintretende Verschiebung erfolgt.

Von den bei diesen Wellen geltenden Gesetzen heben wir folgende hervor.

Die Wellenlänge ist der Schwingungsdauer des Körpers proportional, dessen Schwingungen die Wellen erzeugen.

Die Anzahl der Wellen ist gleich der Anzahl der Schwingungen, welche der die Wellen erzeugende Körper macht; kommt dieser in Ruhe, so schreiten die bis dahin erregten Wellen weiter fort, ohne dass neue nachfolgen. Daher entsteht bei einem einmaligen Anblasen einer Pfeife auch nur ein einzelner Ton.

Beginnt die wellenerzeugende Bewegung in entgegengesetzter Richtung, als vorher angenommen wurde, so beginnt die Welle mit einer Verdünnung in dem elastischen Körper.

Beginnt die wellenerzeugende Bewegung nicht an dem Ende des elastischen Körpers, so entstehen zwei nach entgegengesetzten Seiten gehende Wellensysteme, von denen das eine mit einer Verdichtung, das andere mit einer Verdünnung beginnt.

B) Wellenbewegung in einem elastischen Medium, dessen drei Dimensionen von beträchtlicher Grösse sind.

Eine solche Wellenbewegung wird veranlasst, wenn man z. B. eine mit Knallgas gefüllte Seifenblase explodiren lässt, oder — wie schon eingangs von Nr. III. angeführt ist — eine Pistole abschiesst. — Der Hergang ist dann wie vorher unter III. a, nur dass die Wirkung sich nach allen Seiten erstreckt und deshalb die Stellen grösster Verdichtung und Verdünnung in den Oberflächen von Kugeln liegen, deren Mittelpunkt die Erregungsstelle bildet. — Legt man die erste Figur von I. A. zu Grunde, so stellen die Kreise jetzt Durchschnitte der Kugeloberflächen vor. — Ueber die Wellenlänge und die Anzahl der Wellen gilt dasselbe, wie vorher unter III. A.

Die Theilchen, welche zwischen einer Verdichtungsschale und der nächsten gleichzeitigen Verdünnungsschale liegen, betrachtet man als zu einer Schwingungsschale gehörig. Die Entfernung einer Schwingungsschale von dem Mittelpunkte nennt man Schwingungsstrahl, den Abstand der Grenzen einer Schwingungsschale die Länge oder Dicke derselben. Die Wellenlänge ist das Doppelte von der Länge einer Schwingungsschale.

C) Auftreffen der Wellen elastischer Medien auf andere Medien. 1) Stossen Wellen elastischer Medien auf unelastische Körper, so treten wie bei Oberflächenwellen Reflexionserscheinungen nach den dort (I. B.) angegebenen Gesetzen ein. Dasselbe gilt von der Inflexion (I. D.); auch treten dabei, was auch bei der Durchkreuzung verschiedener Wellensysteme der Fall ist, Interferenzen (I. C.) ein, und ebenso können sich stehende Wellen (I. E.) bilden. Vergl. auch die Art. Inflexion und Interferenz.

2) Treffen die Wellen eines elastischen Mediums bei ihrem Fortschreiten auf ein anderes, ebenfalls elastisches, aber verschiedenes

Medium, so entstehen zwei Wellensysteme, von denen das eine nach den Gesetzen der Reflexion (s. Art. Zurückprallung) zurückgeht, das andere in das neue Medium übertritt. Vergl. auch Art. Undulationshypothese.

Ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem neuen Medium von der des ersten verschieden, so erleiden schräg auffallende Schwingungsstrahlen eine Veränderung in ihrer Richtung, eine sogenannte Brechung oder Refraction. Vergl. Art. Brechung und Undulationshypothese.

Wellenbreite
Wellenhöhe
Wellenlänge
Wellenlehre
} s. Art. Wellenbewegung: vergl. auch Art. Ton.

Wellenmaschine nennt man eine Vorrichtung zu möglichst vollständiger Veranschaulichung der Wellenbewegung. Es sind deren mehrere construirt worden; alle lernt man aber leichter durch Anschauung, als durch Beschreibung kennen. Ich beschränke mich daher hier darauf, von derjenigen Wellenmaschine, die ich seit mehreren Jahren beim Unterrichte, namentlich bei der Lehre von der Polarisation des Lichts, benutze und als ein vorzügliches Veranschaulichungsmittel kennen und schätzen gelernt habe, eine Idee zu geben und thue dies nach Beer's Darstellung (Beer, Einleitung in die höhere Optik. S. 178; vergl. auch Poggend. Annal. Bd. 78. S. 421). Es ist dies die Lichtwellenmaschine von Fessel in Cöln am Rhein. Die Schallschwingungen hat Lissajous (s. Poggend. Annal. Bd. 102. S. 365) durch Lichtstrahlen, welche von schwingenden Körpern reflectirt werden, zu veranschaulichen gesucht. Ebendazu kann man die stroboskopischen Scheiben (s. Art. Stroboskop) benutzen, wenigstens zur Versinnlichung stehender und fortschreitender Wellen. Einen akustischen Wellenapparat nach dem Princip der Fessel'schen Lichtwellenmaschine hat O. Schulz zu Paulinzell in Thüringen construirt (s. Poggend. Annal. Bd. 100. S. 583). Für Oberflächenwellen reicht die Wellenrinne (s. d. Art.) im Wesentlichen aus.

Von der Fessel'schen Lichtwellenmaschine eine Idee zu geben, ist man gezwungen einige Abbildungen zu Grunde zu legen. In die obere Seitenfläche *C* (s. Fig. I. S. 663) eines Kastens *AA* von der Gestalt eines länglichen, rechtwinkeligen Parallelepipedums ist eine Messingplatte *mm* eingelassen, in der sich geradlinige, unter einander parallele und in gleichen Entfernungen von einander abstehende Einschnitte befinden. Der Kasten wird durch ein Mittelstück *D* in eine obere und untere Etage getheilt. In diesem Mittelstücke befinden sich ebenfalls Einschnitte wie in der Seite *C*, und zwar liegt senkrecht unter jedem Einschnitte des letztern ein entsprechender paralleler Einschnitt von *D*. In der unteren Etage kann ein Schieber (s. Fig. II.) durch eine leichte Bewegung hin und her geschoben werden. Er hat ebenfalls

die Gestalt eines rechtwinkeligen Parallelepipedums; oben ist er offen und in seine Seiten ist ein zuerst wellenförmig hin und her gebogenes, dann gerade auslaufendes, geschliffenes Messingblech w_1 w_3 eingelassen. Die Form dieses Bleches ist die eines Cylinders, dessen Generatrix mit der Kante *k* parallel ist; die Directrix besteht aus einem Stücke w_1 w_2

Fig. I.

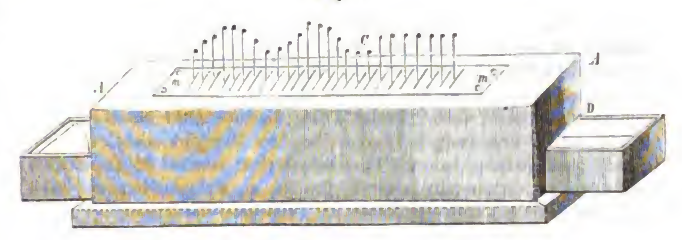
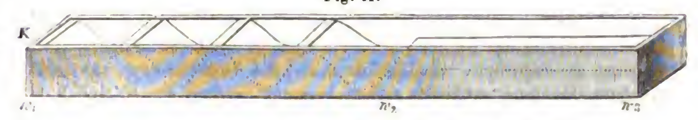
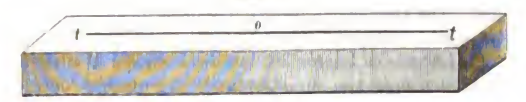


Fig. II.



einer Wellenlinie, an welche sich das Stück w_2 w_3 einer geraden Linie ansetzt, die in die Verlängerung der Axe der Wellenlinie fällt. Von w_1 bis w_2 ist also das Messingblech wellenförmig hin und her gebogen, von w_2 bis w_3 aber ist es eben. In die o b e r e Etage kann der Schieber geschoben werden, welchen Fig. III. veranschaulicht, der hohl ist, und

Fig. III.



dessen Boden und obere Fläche *o* längs der Mitte mit einem geradlinigen Einschnitte *tt* versehen sind. Bringen wir nun diesen Schieber in die obere Etage, so dass diese ganz von ihm erfüllt wird, so leuchtet ein, dass der Einschnitt *tt* und jeder der Einschnitte *C*, so wie der Einschnitt in dem Boden des Schiebers und jeder der Einschnitte des Mittelstücks *D* eine Oeffnung frei lassen, und dass von der unteren Reihe dieser Oeffnungen immer eine senkrecht unterhalb einer der oberen Oeffnungen liege. Durch je zwei solcher sich entsprechender Oeffnungen wird nun, nachdem der Schieber (Fig. II.) von w_2 bis w_3 in die untere Etage ein-

geschoben worden, eine Stahlnadel (s. Fig. I.) herabgelassen, die an ihrem oberen Ende einen Knopf trägt, an ihrem unteren Ende wohl abgerundet ist. Alle diese Nadeln sind gleich lang, und so kommen die Knöpfe in eine gerade Linie zu liegen, so lange die unteren Enden auf dem ebenen Stücke w_2 w_3 des Messingbleches w_1 w_3 aufstehen. Die Knöpfe stellen nun Aethertheilchen vor, und zwar bei der angegebenen Anordnung eine Reihe von Theilchen, die, auf einer Geraden liegend, sich im Zustande der Ruhe befinden. Den Nadeln und somit auch den Knöpfen ist nur eine auf- und abwärtsgehende Bewegung in den früher erwähnten Oeffnungen gestattet, und eine solche werden sie nothwendig annehmen müssen, wenn der Schieber (Fig. II.) in der Richtung w_1 w_3 weiter vorgeschoben wird. In der That, da unter einer Nadel, sobald sie auf den wellenförmigen Theil w_1 w_2 des Messingbleches zu stehen kommt, bald ein Berg, bald ein Thal herschreitet, so wird ihr Knopf bald nach oben, um die Amplitude der Wellenlinie w_1 w_2 gehoben, bald nach unten durch die Schwere der Nadel um ebensoviel herabgezogen. Und diese Oscillation kommt ersichtlich genau mit derjenigen überein, die wir bei geradlinig polarisirtem Lichte unterstellen, sobald der Schieber (Fig. II.) mit gleichförmiger Geschwindigkeit verschoben wird. Dabei wird jedes der Knöpfchen um ein Gleiches seine Oscillation später beginnen als dasjenige, welches ihm in der der Verschiebung entgegengesetzten Richtung zunächst anliegt. Immer werden die Knöpfe auf einer Linie liegen, die der senkrecht darunter liegenden Directrix w_1 w_3 gleich ist; diejenigen, welche senkrecht über w_2 w_3 liegen, haben die Lage des Gleichgewichts noch nicht verlassen; diejenigen, welche über dem wellenförmigen Theile w_1 w_2 liegen, befinden sich auf einer Wellenlinie, die dem darunter liegenden Stücke von w_1 w_2 parallel läuft. Diese Wellenlinie rückt wie die Directrix w_1 w_2 mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort. Die Bewegung der Knöpfe ist also der Art nach genau dieselbe wie die der Aethertheilchen auf einem geradlinig polarisirten Lichtstrahle. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Schieber (Fig. II.) verschoben wird, entspricht der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles. Die Länge des Intervalles und die Höhe der Wellenlinie w_1 w_2 stellen die Wellenlänge und die Amplitude des Strahles dar. Endlich entspricht die Ebene der Knöpfchen, welche senkrecht steht und durch den Einschnitt tt geht, der Oscillationsebene.

Um die Interferenz zweier geradlinig und senkrecht zu einander polarisirten Strahlen von gleicher Wellenlänge zu versinnlichen und eine Vorstellung von elliptisch polarisirtem Lichte zu gewinnen, wird an die Stelle des Schiebers (Fig. III.) der Schieber, welchen Fig. IV. anschaulich macht, in die obere Etage gebracht. Er hat die Länge des Schiebers Fig. II. und trägt oben und unten zwei parallele und senkrecht unter einander gelegene Einschnitte, die aus einem Stück einer mit w_1 w_2 gleichen Wellenlinie und einer geraden Fortsetzung bestehen. Die Axe

jenes Stückes w'_1 w'_2 fällt mit der Mitte der Seite P zusammen, sowie auch der geradlinige Einschnitt w'_2 w'_3. Dieser Schieber wird mittelst eines Kopfes (Fig. V.) befestigt, so dass Schieber IV. über Schieber II.

Fig. IV.

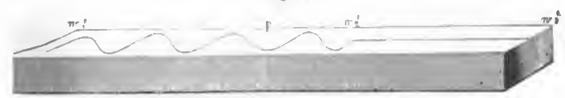
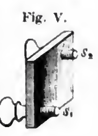


Fig. V.



steht und nur beide zugleich verschoben werden können; dabei gestattet aber die Schraube s_2, welche den Kopf mit dem Schieber Fig. IV. verbindet, den letzteren gegen Schieber Fig. II. um einen beliebigen Theil oder das Ganze einer Wellenlänge zu verschieben. Die Einschnitte des Schiebers (Fig. IV.) und die der Platten C und D (Fig. I.) lassen nun zwei Reihen von Oeffnungen frei, die paarweise senkrecht unter einander liegen. Durch sie werden wieder die Nadeln gesteckt. Wenn die Schieber Fig. IV. und II. zugleich verschoben werden, so müssen offenbar jene Nadeln senkrecht bleiben, ausserdem aber ist ihnen erstlich eine auf- und abwärts gehende und zweitens in den Einschnitten der Platten C und D eine vorwärts- und rückwärtsgehende Bewegung gestattet. So lange eine Nadel den geradlinigen Theil des Einschnittes w'_1 w'_3 durchsetzt und auf dem ebenen Theile w_2 w_3 ruht, nimmt sie keine Bewegung an; ihr Knopf stellt ein im Zustande der Ruhe befindliches Aethertheilchen dar. Kommt aber, indem die Schieber vorgestossen werden, eine Nadel in den wellenförmigen Theil des Einschnittes w'_1 w'_3, während sie noch auf w_2 w_3 aufsteht, oder kommt sie auf den wellenförmigen Theil w_1 w_2 zu stehen, während sie noch den geradlinigen Einschnitt w'_2 w'_3 durchsetzt, so bewegt sich ihr Knopf bezüglich vorwärts und rückwärts in einer Horizontalebene oder aufwärts und rückwärts in einer Verticalebene. In dem ersteren Falle ist die Bewegung so, wie die eines Aethertheilchens auf einem geradlinig polarisirten Strahle, dessen Wellenlinie w'_1 w'_2 ist, dessen Oscillationsebene also horizontal liegt. In dem zweiten Falle hingegen bewegt sich der Knopf wie ein Aethertheilchen auf einem geradlinig polarisirten Strahle, dessen Wellenlinie w_1 w_2 ist, dessen Oscillationsebene mithin senkrecht steht. Wenn aber endlich die Nadel in die wellenförmige Rinne w'_1 w'_2 gelangt und zugleich auf den wellenförmigen Theil w_1 w_2 aufzustehen kommt, so wird die Bewegung offenbar mit derjenigen übereinstimmen, welche das Aethertheilchen eines Strahles annimmt, der aus der Interferenz zweier geradlinig und senkrecht zu einander polarisirten Strahlen von gleicher Wellenlänge und Amplitude resultirt. Die Bewegung



des Knopfes ist nämlich die Resultante der Bewegungen, deren Wellenlinie w_1 w_2 und w'_1 w'_2 sind. Von der gegenseitigen Lage der Knoten dieser Linien hängt es ab, ob die Oscillationen der Knöpfe geradlinig, elliptisch oder kreisförmig werden, ob also die Knöpfe die Bewegung der Aethertheilchen in einem geradlinig, elliptisch oder kreisförmig polarisirten Lichtstrahle zeigen. Jene Lage können wir aber mittelst der Schraube s_2 innerhalb der Grenzen einer Wellenlänge beliebig ändern und somit der Reihe nach jede Art der Polarisation nachbilden. — Durch Benutzung eines ferneren Schiebers, welcher dem Schieber Fig. II. gleich ist, jedoch ein wellenförmiges Blech von anderer Wellenlänge enthält; ausserdem mittelst Nadeln von ungleicher Länge, so dass sie auf einer Ebene aufstehend mit ihren Knöpfen eine Wellenlinie bilden; endlich mit Hilfe von Nadeln, die rechtwinkelig gebogen sind und bestimmte Längen haben, lassen sich noch alle anderen Wellenbewegungen des Lichtäthers erzeugen. Durch die kleine Wellenmaschine (Fessel hat deren drei construirt —) kann man Folgendes veranschaulichen: 1) Einfache Welle polarisirten Lichts. 2) Coincidenz zweier ebener Wellen von derselben Schwingungsrichtung. 3) Coincidenz zweier Wellen, deren Schwingungsrichtungen auf einander senkrecht stehen, zu einer neuen ebenen Welle. 4) Kreisförmig polarisirte Welle. 5) Elliptisch polarisirte Welle. 6) Coincidenz einer kreisförmig polarisirten und einer ebenen Welle. 7) Coincidenz einer elliptisch polarisirten Welle mit einer ebenen Welle. 8) Coincidenz einer elliptischen und einer kreisförmigen Welle. 9) Lemniscatenwellen. 10) Parabelwellen. 11) Zwischencurven zwischen Lemniscaten und Parabeln. 12) Coincidenz einer Lemniscatenwelle mit einer ebenen Welle. 13) Coincidenz einer Parabelwelle mit einer ebenen Welle. 14) Coincidenz einer Lemniscatenwelle mit einer kreisförmigen. 15) Coincidenz einer Parabelwelle mit einer kreisförmigen. 16) Coincidenz zweier kreisförmig polarisirten Wellen.

Wellenrinne haben die Gebrüder Weber eine Vorrichtung genannt, welche sie zu ihren Versuchen über die Wellenbewegung tropfbarer Flüssigkeiten gebrauchten (s. Art. Wellenbewegung. I. A.). Dieselbe bestand aus einem für Wasser und Quecksilber dichten schmalen, langen Kasten von 5 Fuss 4 Zoll Länge, 6,7 Linien Breite und 8 Zoll Tiefe par. Mass, dessen beiden Längsseiten aus Glas waren, während der Boden und die Endflächen aus Holz bestanden. Die Rinne wurde bis zu einer gewissen Höhe mit nur einer Flüssigkeit gefüllt oder auch mit mehreren von verschiedener Farbe und verschiedenem specifischen Gewichte, die sich nicht mischten (Quecksilber, Wasser, Oel, gefärbter Spiritus). Die Wellen wurden dadurch erregt, dass man an dem einen Ende eine Glasröhre eintauchte, Flüssigkeit durch Saugen empor hob und dann wieder fallen liess. Beim Heben der Flüssigkeit in der Röhre bilden sich Wellen mit vorangehendem Wellenthale; lässt man

aber, sobald wieder Ruhe eingetreten ist, die gehobene Flüssigkeit plötzlich herabfallen, so entstehen Wellen mit vorangehendem Wellenberge. Durch der Flüssigkeit beigemengte feste Körpertheilchen von demselben specifischen Gewichte (Bernsteinstaub in Wasser) kann man die in der Flüssigkeit stattfindenden Bewegungen der Theilchen bei eingetretener Wellenbewegung beobachten. Bei gleichzeitig in der Rinne befindlichen verschiedenen Flüssigkeiten sieht man die Wellenbewegung der die Flüssigkeiten trennenden Flächen. Die Gestalt der Oberflächenwelle kann man dadurch fixiren, dass man eine mit Mehl bestäubte Schiefertafel so in die mit Quecksilber gefüllte Rinne stellt, dass sie mit ihren Flächen von den Glasflächen gleichweit absteht, und dann die Wellen erregt; bei Wasser und anderen benetzenden Flüssigkeiten genügt eine nicht bestäubte Schiefertafel.

Wellenstäbchen Young's nennt man eine Vorrichtung zur Veranschaulichung der Entstehung von Combinationstönen (s. d. Art.). In einem metallenen Rahmen sind hundert oder mehr Stäbe von verschiedener Länge und etwa $^1/_2$ Linie Dicke und 2 Linien Breite so eingesetzt und mit einer Schraube zusammengepresst, dass ihre unteren Enden eine gerade Linie, ihre oberen aber ein Wellensystem von bestimmter Gestalt bilden. Dies Wellensystem setzt man auf ein beliebiges anderes Wellensystem, welches man aus einem gleichdicken Brettchen ausgeschnitten hat, und drückt die Stäbchen des ersten nun so herab, dass sie die Gränzen des letzten Systems berühren müssen. Hierdurch erhält man die aus beiden Wellensystemen combinirte Welle.

Wellenthal, s. Art. Wellenbewegung.

Wellrad, s. Art. Rad an der Welle.

Well's Versuch, s. Art. Thau.

Weltgegenden oder Himmelsgegenden (s. d. Art.).

Weltmeer oder Ocean oder Meer (s. d. Art.).

Weltpole oder Himmelspole nennt man die Punkte, in welchen die in den Weltenraum verlängerte Erdaxe das Himmelsgewölbe trifft. S. Art. Erde. S. 288.

Weltraum ist der unendliche Raum, in welchem sich nicht nur unsere Sonne mit ihren Planeten und den ihrer Anziehungssphäre unterworfenen anderen Himmelskörpern bewegt, sondern auch das ganze unzählbare Heer der übrigen Weltenkörper, die uns nur zum Theil als Fixsterne, Nebelflecken etc. sichtbar sind. — Ueber die Temperatur des Weltraums ist Fourier zu dem Resultate gekommen, dass dieselbe sehr wenig unter der Temperatur der Erdpole liege und etwa — 50 bis — 60° C. betrage, indem die gesammte Wärme, welche von sämmtlichen Himmelskörpern, mit Ausnahme der Sonne, zur Erde gelangt, an Menge derjenigen gleich sein soll, welche eine Hülle mit Maximum des Emissionsvermögens und von einer allseitigen, jener gleichen Temperatur auf die Erde senden würde. Poisson nimmt die Temperatur des

Weltraums zu etwa —52° C. an. Arago machte schon darauf aufmerksam, dass diese Angaben zu hoch seien, da man am 17. Januar 1834 in Fort Relianc (63° 46½′ n. Br. und 109° 0′ 39″ w. L. von Greenwich) — 56°,7 C. beobachtet hat. Pouillet ist durch seine Untersuchungen, die sich auf Beobachtungen mit dem Aktinometer und mit dem Pyrheliometer (s. diese Art.) gründen, zu einer Temperatur von —142° C. für den Weltraum gelangt. — Es dürfte schwer halten ein sicheres Resultat zu gewinnen, da die zur Bestimmung nöthigen Momente unbekannt sind und stets auf gewisse Annahmen zurückgegangen werden muss, die gewöhnlich nur einen einseitigen Anhalt gewähren. Jedenfalls ist aber die Temperatur des Weltraumes unter —56°,7 C., da dies eine auf der Erde selbst beobachtete Temperatur ist, welche ein Resultat der Temperatur des Weltraums und der Erdwärme sein muss.

Weltspähne hat man hier und da die Meteorsteine genannt. S. Art. Feuerkugel.

Weltsystem wird bisweilen nur unser Sonnen- und Planetensystem (s. Art. Planeten) genannt; man versteht wohl gar darunter nur eine Erklärungsweise der Planetenbewegungen (z. B. das Ptolemäische, das Copernicanische, das Tychonische Weltsystem). So aufgefasst scheint der Begriff nicht allgemein genug zu sein. Man sollte wohl unter Weltsystem überhaupt den Complex aller in einer bestimmten Ordnung und in einem bestimmten Zusammenhange stehenden Weltkörper begreifen. Sollten sich sämmtliche Sonnen-(Fixstern-)Systeme um eine einzige Centralsonne bewegen, so wäre dies das eigentliche Weltsystem.

Wendekreise nennt man die beiden durch die Solstitialpunkte (s. d. Art.) gehenden Parallelkreise und zwar heisst der nördliche der des Krebses, der südliche der des Steinbocks. Die Wendekreise sind ungefähr 23½ Grad nördlich und südlich vom Aequator; die Polarkreise ebenso weit von den Polen.

Wendepunkte oder Solstitialpunkte (s. d. Art.).

Wendestunden nennt man bei einem periodischen, an bestimmte Stunden gebundenen Phänomene, z. B. bei den täglichen Barometerveränderungen, die Stunden, in denen die Maxima und Minima, also z. B. ein Uebergang der Quecksilbersäule im Barometer vom Steigen zum Fallen und vom Fallen zum Steigen, eintreten. A. v. Humboldt hat diese Bezeichnung zuerst gebraucht.

Werk ist ein Begriff, welchen R. Clausius in der mechanischen Wärmetheorie neuerdings einzuführen sucht. Werk soll die nach Wärmemasse gemessene Arbeit bedeuten, d. h. denjenigen numerischen Werth der Arbeit, welchen man erhält, wenn man die Arbeitsgrösse, welche einer Wärmeeinheit äquivalent ist, als Einheit der Arbeit annimmt. Jedenfalls ist es unbequem, dass die Wärme und die mechanische Arbeit nach verschiedenen Massen gemessen werden, so dass man nicht einfach von der Summe von Wärme und Arbeit oder von der Differenz aus Wärme

und Arbeit sprechen kann, sondern dabei immer Ausdrücke wie Wärmeäquivalent der Arbeit oder Arbeitsäquivalent der Wärme gebrauchen muss. Der neue Begriff ist kurz und zweckmässig und zu wünschen, dass er allgemeine Annahme findet. S. folgenden Artikel.

Werkinhalt nennt Clausius das gesammte innere Werk (s. d. Art.), welches gethan werden musste, damit ein Körper bei irgend einer Zustandsänderung in seinen gegenwärtigen Zustand gelangen konnte. Man hat nämlich in solchem Falle das innere und äussere Werk zu unterscheiden. Den Werkinhalt des betreffenden Körpers kann man entweder in der Weise angeben, dass man darunter einfach das von dem als gegeben vorausgesetzten Anfangszustande angethane innere Werk versteht, oder so, dass man zu diesem letztern noch eine unbekannte Constante addirt, welche den im Anfangszustande schon vorhandenen Werkinhalt bedeutet. — Energie (s. d. Art.) besteht aus dem Werkinhalte und dem Wärmeinhalte und diese kann man ebenso bestimmen.

West oder Westen oder Westpunkt heisst derjenige Durchschnittspunkt des Horizontes mit dem Aequator des Himmels, welcher in der Gegend liegt, in welcher die Sonne und die übrigen Gestirne untergehen, während der entgegengesetzte Ost oder Osten oder Ostpunkt heisst. Nur zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen (21. März und 23. Septbr.) geht die Sonne im Westpunkte unter. Vergl. Art. Cardinalpunkte, Windrose und Meridian.

Wester-Sonne, s. Art. Süder-Sonne.

Weststrom oder bei den Holländern die Dienung, s. Art. Meeresstrom. S. 109.

Wetter in der Bedeutung von Gewitter, s. Art. Gewitter.

Wetter, Witterung, ist die Gesammtheit aller zu einer gewissen Zeit in der Atmosphäre auftretenden Erscheinungen. Es ist das Wetter — wie das Klima (s. d. Art.) einer Gegend — von sehr mannichfaltigen und dem äussersten Wechsel unterworfenen Verhältnissen abhängig. Es kommen dabei in Betracht (s. v. Humboldt's Kosmos. Bd. I. S. 340): die Temperatur, die Feuchtigkeit, der Barometerstand, die Winde, die electrische Spannung, die mehr oder mindere Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels und vielleicht noch manche andere Verhältnisse. Schon hieraus wird es klar sein, wie schwierig es sein muss, bestimmte Gesetze für das Wetter auch nur eines Ortes aufzustellen, zumal eine Störung des einen Verhältnisses auf alle anderen einen Einfluss ausübt und dadurch die Deutung erschwert wird. Am leichtesten dürfte es noch gelingen eine Witterungslehre für die heisse Zone aufzustellen, da dort stets dieselben Lüfte wehen, da dort Ebbe und Fluth des atmosphärischen Drucks, der Gang der Hydrometeore, das Eintreten elastischer Explosionen (Gewitter) periodisch wiederkehrend sind. In Bezug auf die Winde (s. d. Art.) ist dies in der That in diesen Gegenden auch gelungen,

und damit ist bereits ein Anhalt gegeben, dass auch unter anderen Verhältnissen das Gesetzmässige werde ermittelt werden. Die Kunst das Wetter vorherzusagen (Meteorognosie oder Meteoromantie) wird noch lange ein vergeblicher Wunsch sein; aber freuen müssen wir uns, dass die noch so junge Wissenschaft der Meteorologie (s. d. Art.) — denn die Instrumente, durch deren Benutzung erst die thatsächliche Grundlage für deren Aufbau gewonnen wird, sind von kurzem Datum: das Barometer von 1643, das zweckmässig eingerichtete und genaue Thermometer erst seit dem 18. Jahrhunderte, das richtige Princip der Hygrometrie seit 1805; und die wahre Erkenntniss der atmosphärischen Electricität datirt auch erst von 1752 — bereits so Grosses geleistet und so viel Bestimmtes und Gesetzmässiges ermittelt hat (z. B. Dove's Drehungsgesetz: das Gesetz der Stürme). Ist doch neuerdings wieder ein wichtiger Schritt durch Einführung von Sturmsignalen (s. d. Art.) gethan, und so wird die Zeit noch Manches bringen.

Ueber das bereits gefundene Gesetzmässige verweisen wir auf Art. Meteorologie, in welchem die darauf bezüglichen speciellen Artikel angeführt sind. Eine reichhaltige und interessante, jedenfalls empfehlenswerthe Schrift ist: Das Wetter und die Wetterprophezeiung. Ein Cyklus meteorologischer Vorträge für Gebildete von Joseph Helmes. Hannover 1858. Wir fügen hier nur noch einige Einzelheiten an, von denen wir voraussetzen, dass sie von allgemeinerem Interesse sein werden.

Es gehört hierher der Unfug mit dem sogenannten 100jährigen Kalender. Dies Wunderbuch, welches neben anderen Schicksalen zumal das Wetter auf 100 Jahre voraus prophezeiet, rührt von einem gewissen Knauer (Ende des 17. Jahrh.) her. Die Angaben, welche jetzt in den Kalendern unter dem Titel des Wetters nach dem hundertjährigen Kalender aufgeführt werden, werden willkürlich in den Kalenderfabriken angefertigt. Nicht viel höher stand der Zeus des Carlsruher Professor Stiefel und ebenso traurig steht es mit der Astro-Meteorologie des Rechnungsrath A. Schneider in Berlin (seit 1850).

Dass der Instinct der Thiere das Wetter prophezeien solle, ist schwerlich begründet. Die Zugvögel z. B. folgen jedenfalls immer nur den Eindrücken des jedesmal stattfindenden Wetters und handeln nicht nach einem Vorgefühle des kommenden. Bekannt ist die auf die Beobachtung einer Spinne sich gründende Vorhersagung eines 1794 in Holland eingetretenen starken Frostes durch Quatremère-d'Isjonval, den damals gefangenen Generaladjutanten des Generals Pichegru. Quatremère's Ruhm dauerte so lange, bis ihm einst eine ähnliche Prophezeiung missglückte. Wer sich für die Wetteranzeigen der Spinnen interessirt, dem empfehlen wir das Lehrbuch der Zoologie von Voigt. Bd. 4. S. 125. Stuttgart 1838 nachzulesen. — Andere Anzeigen der bevorstehenden Witterung oder Witterungsveränderungen aus dem Fluge der Vögel, aus dem Schreien der Vögel und anderer Thiere

hat J. Konijnenburg zu Amsterdam 1815 in einer von der königl. Harlemer Societät der Wissenschaften gekrönten Abhandlung meistens als leer und inhaltlos nachgewiesen.

Aus dem Leben der Pflanzen entnommene Anzeigen bevorstehender Witterungsveränderungen dürfte es gar nicht geben. Ueber diejenigen Pflanzen, aus denen man Hygroskope construirt hat, s. Art. Hygroskop.

Bessere Anzeigen über bevorstehende Veränderungen des Wetters giebt uns das Ansehen des Himmels. Ein reines Abendroth ohne Gewölk und in einem orangenfarbigen Himmel ist ein Zeichen sogenannten guten Wetters, hingegen mit mehr oder minder starken, lebhaften Farben mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Vorbote von Regen. Nach Kämtz bedeutet es ziemlich sicher fortdauernd gutes Wetter, wenn bei schönem blauen Himmel die Abendröthe den westlichen Himmel mit einem leichten Purpur sanft zu überziehen scheint, besonders wenn der Himmel in der Nähe des Horizontes ein rauchähnliches Anseln hat. Selbst nach Regenwetter deuten einzelne geröthete Wolken, die sehr hell erleuchtet sind, auf die Wiederkehr von besserer Witterung. Eine weisslich gelbe Abendröthe, zumal wenn sie sich weit über den Himmel ausbreitet, pflegt eben kein schönes Wetter zu versprechen. Besonders soll dies Ansehen auf stürmisches Wetter deuten, wenn die Sonne in einem so weissen Lichtglanze untergeht, dass man sie selbst in dem hellen Scheine, welcher den ganzen Himmel überzieht, nur wenig vorglänzend und dabei mehr weiss als gelb sieht. Noch schlimmer ist die Vorbedeutung dann, wenn feine Cirrus (s. d. Art.), welche dem Himmel ein sehr mattes Ansehen geben, am Horizonte dunkler erscheinen und eine röthlich graue Abendröthe bilden, in welcher abwechselnd glänzende dunkelgelbe Wolken in graue übergehen und durch welche man die Sonne kaum bemerken kann. In diesem Falle darf man auf einen baldigen Niederschlag und Wind rechnen. — Eine stark geröthete Morgenröthe deutet meistens auf Regenwetter, eine graue mehr auf schönes. Vergl. Art. Abendroth.

Wegen des fallenden und steigenden Nebels s. Art. Nebel. S. 158. Reichlicher Thau (s. d. Art.) ist ein Vorzeichen schönen Wetters. Besonders wichtig sind die Wolkenformen, worüber Art. Wolke das Nähere enthält. Grosse Durchsichtigkeit der Luft ist ein Zeichen, dass die Luft dem Sättigungspunkte nahe ist; der Duft, welcher sich an den Höhen lagert und die Fernsicht beschränkt, ist umgekehrt ein Zeichen von Trockenheit. Die sogenannten Windstreifen sind untrügliche Zeichen eines nahenden Regenwindes. Höfe (s. Art. Hof) um Sonne und Mond sind Vorboten von nasser Witterung und Wind oder von Schneewetter. Wegen des Wasserziehens siehe diesen Artikel und Dämmerungsstrahlen: dasselbe soll eine Verminderung, hingegen der Regenbogen eine Vermehrung der Niederschläge andeuten. Von den Gewittern



(s. d. Art.) gilt die Regel, dass sie ein Ende haben, wenn sich das Wetter abkühlt, dass sie aber zurückkehren, wenn dies nicht der Fall ist.

Dass man aus der Beobachtung des Quecksilberstandes im Barometer allein nicht auf die Wetterveränderung schliessen kann, ist im Art. Barometrie angegeben, auf den wir deshalb verweisen. Eine auffallende schnelle Veränderung sowohl im Fallen als im Steigen ist allerdings ein Zeichen einer in der Atmosphäre vorgegangenen Störung und für die Schifffahrt von besonderer Wichtigkeit, da man einen Sturm (s. d. Art.) erwarten kann. Wegen des Zusammenhanges zwischen Windrichtung und Barometerstand s. Art. Barometrie. S. 78. Die Aenderung der Windrichtung ist ein Hauptwetterzeichen. Beim Zustande regelmässiger Witterung steigt das Barometer alle Zeit ungefähr um 9 Uhr Morgens um $^1/_2$ bis 1 Linie und fällt ungefähr um 3 Uhr Nachmittags ebensoviel niedriger. So lange dies Steigen des Morgens stattfindet, ist kein Regen zu erwarten, welcher dagegen allezeit sicher an demselben Tage erfolgt, wenn das Barometer anstatt zu steigen zu dieser Zeit fällt. Geschieht das plötzliche (oder unregelmässige) Fallen des Barometers in den Vormittagsstunden bei herrschendem Westwinde, so pflegt schon um Mittag und noch früher Regen zu folgen (Schnee und Thauwetter im Winter); geschieht es bei Ostwind, so tritt ganz derselbe Fall ein, nur gewöhnlich etwas später und nicht so sicher. Die Barometerregel ist folgende: Beständigkeit im Gange und Stande des Barometers entspricht beständigem Wetter, Veränderlichkeit veränderlichem. Ein hoher Barometerstand entspricht heiterem und sonnigem Wetter bei östlichen und nördlichen Winden, grosser Wärme im Sommer, strenger Kälte im Winter; ein niedriger aber trübem, dunklerem Wetter bei westlichen und südlichen Winden, Regen und Kühle im Sommer, Schnee oder Regen und Wärme im Winter. Durch ein auffälliges Steigen oder Fallen des Barometers wird eine Veränderung des Wetters angezeigt und zwar ein Uebergang desselben von dem Zustande, welcher der bisherigen Höhe des Quecksilbers entsprach, zu dem der neuen Höhe entsprechenden.

Wetter, böses. Schlagendes Wetter oder feurigen Schwaden nennt man die Ansammlungen von leichtem Kohlenwasserstoffgas in den Kohlenbergwerken; ebenso spricht der Bergmann von mattem Wetter, wenn die Luft durch Stickstoffgasansammlung verdorben ist, und ausserdem noch von saurem Wetter, wenn die Luft mit Kohlensäure erfüllt ist. Alle diese Wetter sind böse Wetter. — In einem sauren Wetter erlischt das Grubenlicht, der Bergmann wird schwindelig, fällt betäubt um, und der Tod ist die unausbleibliche Folge, wenn er nicht schnell aus der gefährlichen Atmosphäre entfernt und an frische Luft gebracht wird. Die Gefahr tritt indessen erst ein, wenn die Luft über 15 Procent an Kohlensäure enthält. — Ebenso wirken die matten Wetter. Das Grubenlicht erlischt und der Bergmann erstickt,

wenn er sich nicht schleunigst entfernt. — Die schlagenden Wetter machen, wenn sie auch nicht giftig wirken, doch das Athmen beschwerlich, besonders gefährlich werden sie aber, weil bei ihrer Entzündung eine schreckliche Explosion eintritt, die am heftigsten ist, wenn das Kohlenwasserstoffgas den neunten Theil der Luft beträgt. Die dabei eintretende Ausdehnung der Luft ist so bedeutend, dass die an der Stelle befindlichen Personen zu Boden geworfen und zerschmettert werden. — Ein Hauptmittel gegen diese gefährlichen Wetter ist gehöriger Wetterwechsel, d. h. gehörige Ventilation. Dies erreicht man durch sogenannte Wetterstollen, d. h. durch Grubenbaue, welche etwas ansteigend vom Tage in das Gestein eingetrieben und bis zur Grube geführt werden, wobei man, wenn es irgend möglich ist, die Anlage des Mundlochs, d. h. der zu Tage ausgehenden Oeffnung, an der Sonnenseite vermeidet, weil sonst die Wärme, welche durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen erzeugt wird, dem Ausfallen der bösen Wetter aus dem Stollen hindernd entgegen treten würde. Wo das Terrain die Anlage von Wetterstollen nicht zulässt, treibt man neben dem Hauptschachte Wetterschachte, d. h. vertical gerichtete Oeffnungen nieder und verbindet diese mit dem Hauptschachte durch Strecken; auch benutzt man wohl die Kunstschachte, d. h. die Schachte, durch welche die Grubenwasser entweder bis zu den dieselben abführenden Stollen oder auch zu Tage gehoben werden, um mittelst besonderer Maschinen den Wetterwechsel herzustellen. — Trotz dieser Vorkehrungen ist der Wetterwechsel nicht immer vollständig genügend. Bei sauren und matten Wettern warnt dann den Bergmann sein Grubenlicht. Die Flamme erlischt erst, wenn der Luft dem Volumen nach wenigstens $^1/_3$ Kohlensäure beigemengt ist: aber schon bei geringerer Menge ist es der Flamme an ihrer rothen Trübung anzusehen, dass sie nicht Sauerstoff genug zu ihrer Unterhaltung vorfindet. Aehnlich ist es bei den matten Wettern. Der Bergmann kann also bei sauren und matten Wettern, wenn er nur auf sein Grubenlicht achtet und einen leichten Anfall von Schwindel nicht mit Gleichgültigkeit behandelt, den sein Leben bedrohenden Gefahren wohl entgehen. — Schlimmer steht es mit den schlagenden Wettern, wenngleich sie an sich nicht tödtlich wirken, weil man den Stellen, an welchen sie sich angesammelt haben, mit offenem Lichte gar nicht nahen darf. Da der Bergmann bei seiner Arbeit ein Erleuchtungsmittel nicht entbehren kann, so scheint es demnach ganz unmöglich, solche Stellen zu bearbeiten; dennoch ist es gelungen ein Grubenlicht herzustellen, welches allen Anforderungen entspricht. Dies Grubenlicht ist die Sicherheitslampe (s. d. Art.) des englischen Naturforschers Davy.

Wetterableiter oder Wetterstange oder Blitzableiter (s. d. Art.).

Wetteranzeigen, s. Art. Wetter.

Wetterfahne oder Windfahne, s. Art. Anemoskop.

Wettergalle oder Regengalle (s. d. Art.).

Wetterglas wird im gewöhnlichen Verkehr das Barometer genannt. Dass dies wichtige Instrument diesen Namen nicht verdient, geht aus Art. Barometrie und Wetter hervor. — Wetterglas nennt man hier und da auch das nach Art des Drebbel'schen Thermometer eingerichtete Wasserbarometer (s. d. Art.). — Endlich führt diesen Namen ein Glas, welches von dem Amerikaner Wright (?) herrühren soll und geradezu unsinnig genannt werden muss. (Vergl. übrigens Art. Wetterparoskop.) Zu der Anfertigung hat man drei Vorschriften:

1) Löse 2 Drachmen reinen Salpeter und $^1/_2$ Drachme pulverisirten Salmiak in 2 Unzen Weingeist auf; fülle damit ein längliches Fläschchen (z. B. die früheren Flaschen des kölnischen Wassers), binde mit zartem Leder zu, durchstich dies mit einigen Nadelstichen, hänge das Glas an ein schattiges Fenster, wo es windstill ist. — Bleibt der Weingeist klar und durchsichtig, liegen die aufgelösten Salze zu Boden, so erwarte schönes Wetter; trübt er sich durch Flocken mehr oder weniger undurchsichtig, dann giebt es schlechtes Wetter; bei bevorstehendem Sturme geht der ganze Bodensatz in die Höhe und der Weingeist bekommt eine gährende Bewegung. Der Bodensatz soll sich auch stets nach jener Seite drängen, woher der stürmische Luftstrom kommt. Dieser Prophet soll sich bereits 24 Stunden vorher bemerkbar machen.

2) Löse $^1/_2$ Loth Kampher, $^1/_2$ Loth Salpeter, $^1/_8$ Loth Salmiak in Weingeist auf, fülle damit ein längliches Fläschchen, verkorke es gut und versiegle dasselbe. — Die Wirkung soll wie vorher sein, ausserdem heisst es, dass Eis oder Krystalle auf dem Boden im Sommer schwere Luft, im Winter Frost anzeigen; kleine Sterne im Sommer Donnerwetter, grosse Flocken trübe Luft, im Winter Schnee; Fäden Wind; kleine Punkte Nebel und feuchtes Wetter; kleine Sterne bei hellem Winterwetter harten und scharfen Schnee; Emporsteigen des Bodensatzes Erdbeben.

3) Wie Nr. 2, aber im Verhältniss von 6 Kampher, 1 Salpeter, 1 Salmiak in Kornbranntwein. — Scala: Gewölk in der Flüssigkeit = Wind; Bewegung des Bodensatzes = veränderlichem Wetter; starke Flocken, die sich fest auf den Boden legen = schönem Wetter; Erhebung des Bodensatzes wie Schneeflocken, die Flüssigkeit wird trübe und es kommt Alles in Bewegung = Gewitter; Bedeckung der Oberfläche mit einer eisähnlichen Scheibe = Regenwetter; starke Wolken = Sturm; Erhöhung der oben gebildeten Scheibe = Kälte; Emporsteigen des Bodensatzes = Erdbeben; Theilung des Bodensatzes = Regen am folgenden Tage.

Wetterharfe oder Riesenharfe ist ein langer im Freien ausgespannter Eisendraht, der bei Wetterveränderung einen eigenthümlich summenden Ton hervorbringt. Prevot scheint im vorigen Jahrhunderte zuerst auf die Erscheinung, die man jetzt an den Telegraphendrähten

häufig beobachtet, aufmerksam geworden zu sein. Als Voranzeiger des Wetters ist das Phänomen nicht anzusehen; es läuft vielmehr auf das Tönen der Aeolsharfe (s. d. Art.) zurück und hängt von der auf den Draht einwirkenden Luftströmung ab.

Wetterleuchten nennt man im Allgemeinen jede blitzähnliche, mehrmals wiederholte Lichterscheinung, welche von keiner vernehmbaren Detonation begleitet ist. Der gemeine Mann betrachtet das Wetterleuchten als ein Zeichen der Witterungsveränderung und erwartet, da das Phänomen gewöhnlich an heissen Sommerabenden auftritt, eine Abkühlung. Rührt das Wetterleuchten von einem entfernten Gewitter her, so ist dies in der Regel auch der Fall. Der Ursprung des Phänomens ist indessen noch zweifelhaft. A. Reslhuber zu Kremsmünster hat (1858) den Beweis zu führen gesucht, dass das Wetterleuchten stets mit entfernten Gewittern im Zusammenhange stehe, während Schübler dasselbe für eine unabhängig von Gewittern sich ereignende, leuchtende Erscheinung hält, welche durch Ausströmung starker Electricität ohne electrischen Gegensatz benachbarter Wolkenschichten veranlasst wird, und die Ursache darin findet, dass an heissen Sommerabenden die höheren Luftschichten mit Eintritt der Nacht schnell tiefer sinken, ihre Electricität bei Annäherung zu den tieferen, feuchten Schichten nicht mehr in sich angesammelt erhalten können und sie dann ausstrahlen lassen. Das Phänomen mag wohl ebensowohl auf die eine, wie auf die andere Art entstehen.

Wetterlicht nennt man das St. Elmsfeuer (s. d. Art.).

Wetterloch oder Windhöhle sind Höhlen, die sich vorzugsweise in den höheren Gebirgen finden und dadurch auszeichnen, dass aus ihnen mehr oder minder heftige kalte Luftströmungen hervorbrechen. Sie sind bald Gewölb-, bald Spalten- oder Schlauchhöhlen (s. d. Art.). Dem Umstande, dass der Luftzug beim schönen Wetter stärker, beim regnerischen schwächer weht, verdanken sie den Namen Wetterlöcher. Zu Rom ist eine solche Höhle am *Monte testaceo*.

Wetterparoskop, nicht Wetterbaroskop (weil es das Wetter vorher verkündigen soll), ist das Urbild des im Art. Wetterglas angegebenen Instrumentes von Wright. Es besteht nur aus einer Auflösung des gereinigten Kamphers in nicht absolutem Alkohol. Romieu soll 1746 zuerst das Auskrystallisiren des Kamphers aus verdünntem Alkohol wahrgenommen, Joseph Barth aus Nürnberg aber zuerst derartige Wetterpropheten angefertigt haben. Bei Temperaturabnahme wird Kampher ausgeschieden.

Wetterprophezeiung, **Wetterregeln** } s. Art. Wetter.

Wettersäule. s. Art. Wasserhose.

Wetterscala heisst die an den Barometern gewöhnlich angebrachte Bezeichnung: sehr trocken; beständig; schön; veränderlich; Regen und

Wind; viel Regen; Sturm. In der Regel stehen diese Bezeichnungen bei den Barometern der verschiedensten Gegenden an denselben Stellen; jeder Ort hat aber seinen eigenen mittleren Barometerstand und überdies treten örtliche und zeitliche (nach den Jahreszeiten) Störungen ein, so dass unmöglich dieselbe Scala für alle Gegenden, eigentlich nicht einmal für denselben Ort während des ganzen Jahres passen kann, wenngleich nicht zu läugnen ist, dass die oben angegebene Reihenfolge von oben nach unten (im Allgemeinen von $29^1/_2$ bis $26^1/_2$ par. Zoll) im Grossen und Ganzen zutreffend ist.

Wetterschacht zur Ventilation der Bergwerke; s. Art. Wetter, böse.

Wetterscheiden nennt man Oertlichkeiten, denen man einen entschiedenen Einfluss auf die Witterungsverhältnisse zuschreibt, d. h. welche den Verlauf bereits eingeleiteter Witterungsvorgänge modificiren. In manchen Fällen ist man allerdings im Irrthume, indem man z. B. die Theilung eines von ferne kommenden, scheinbar schweren Gewitters in zwei nach verschiedenen Richtungen fortziehende häufig einer Wetterscheide zuschreibt, während dieselben schon in der Ferne zwei besondere Gewitter sein konnten und nur eben wegen der grossen Entfernung nach den Gesetzen der Perspective als ein einziges, zusammenhängendes erschienen. Indessen ist das Vorhandensein von Wetterscheiden eine Thatsache. Die Höhe eines Gebirges hat einen wesentlichen Einfluss auf die Witterungsverhältnisse und ein Gebirge von bedeutender Höhe bildet eine Wetterscheide, so dass auf der einen Seite, welche den Regenwinden entgegengesetzt ist, Niederschläge erfolgen, auf der anderen nicht. Ebenso können Wälder und Wiesen Wetterscheiden werden, wenn sie an kahles und ödes Feld grenzen; denn was sich im Sommer über Wald und Wiese zur Wolke verdichtete, löst sich über dem Felde wieder auf. Ebenso lockert sich ein über einem Plateau gleichförmiger Wolkenzug über der warmen Sohle eines Thaleinschnittes oft bis zum Verschwinden auf. Bei der Ankunft der Wolken an einer trockenen, öden Fläche biegen die Wolken seitlich ab oder gehen strahlig auseinander; über einer grösseren Waldfläche ziehen sie sich zusammen und senken sich nieder etc.

Wetterschlag, s. Art. Blitzschlag.

Wetterstange, s. Art. Blitzableiter.

Wetterstollen zur Ventilation der Bergwerke; s. Art. Wetter, böse.

Wetterstrahl oder Blitz (s. d. Art.).

Wetterwechsel nennt man in Bergwerken die Ventilation; s. Art. Wetter, böse.

Wettstreit der Sehfelder nennt man einen Farbenwechsel, der sich einstellt, sobald man vor beide Augen gefärbte Gläser hält. Haldat hat 1806 die Erscheinung zuerst in Anregung gebracht. Bald taucht

die eine, bald die andere Farbe im Gesichtsfelde auf und zuweilen scheint eine Verschmelzung beider statt zu finden. Es haben sich viele Naturforscher damit beschäftigt, namentlich auch Dove. Einfluss auf die Erscheinung üben aus: eine ungleiche Entfernung beider farbigen Objecte; Ungleichheit der Augen des Beobachters, indem hier namentlich die mit dem besseren Auge gesehene Farbe vorwiegt; die ungleiche Lebhaftigkeit und Beleuchtung der farbigen Objecte; die vorzugsweise Richtung der Aufmerksamkeit auf die Erscheinung des einen oder anderen Auges.

Widder, hydraulischer, auch Stossheber und Stosswidder genannt, ist eine 1796 von Montgolfier (s. Art. Luftball) angegebene Vorrichtung zum Heben des Wassers. Die Wirkung beruht darauf, dass fliessendes Wasser auf den Behälter (Röhre) gar keinen Druck ausübt, wenn es die ganze der Druckhöhe entsprechende Geschwindigkeit hat; dass aber ein Druck von Innen nach Aussen entsteht, wenn die Geschwindigkeit kleiner wird, als die Druckhöhe verlangt; dass endlich die Gefässwände sogar einwärts gedrückt werden können, wenn die Geschwindigkeit die der Druckhöhe entsprechende Grösse überschreitet.

Aus einem Wasserbehälter, welcher fortwährend Zufluss erhält, geht eine Leitröhre erst abwärts und dann horizontal weiter zu der Stelle, an welcher das Wasser gehoben werden soll. Hier erhält die Röhre eine vertical aufwärtsgehende Richtung und mündet mittelst eines sich nach oben öffnenden Ventils in einen Windkessel (s. Art. Heronsball), aus welchem das Steigrohr abgeht. Auf der horizontalen Röhrenstrecke ist in geringer Entfernung von der Umbiegung zu dem Windkessel der sogenannte Widder angebracht. Es ist dies eine auf der oberen Röhrenseite angebrachte Oeffnung, welche durch ein an einem Stiele in einer Führung gehendes Sperrventil geschlossen werden kann und unter allen Umständen tiefer liegen muss, als der Wasserbehälter. Ist das Sperrventil in die Höhe gezogen, so dass die Widderöffnung geschlossen ist, und füllt sich das Rohr mit Wasser, so wird, sobald Ruhe eingetreten ist, das Wasser in dem Windkessel und Steigrohre, dessen Mündung im Windkessel ebenfalls tiefer als der Wasserbehälter liegt, ebenso hoch stehen wie im Behälter (s. Art. Communicirende Gefässe). Das Ventil des Windkessels wird dann geschlossen sein. Wird nun das Sperrventil durch eine von Aussen her angewandte Kraft herabgedrückt, so fliesst Wasser durch die Widderöffnung ab; dadurch geräth das in der Leitröhre befindliche Wasser von dem Behälter her in Bewegung, nimmt bei dem Sperrventile eine aufsteigende Richtung an und stösst dasselbe — welches übrigens frei ist — in die Höhe, so dass die Widderöffnung plötzlich geschlossen und das Ausfliessen des Wassers aus derselben gehemmt wird. Die strömende Wassermasse stösst nun in Folge des Beharrungsvermögens (s. d. Art.) das zum Windkessel führende

Steigventil auf, dringt in den Windkessel, comprimirt die in demselben befindliche Luft und wird nun sowohl durch den Stoss, als auch durch den Druck der sich wieder ausdehnenden Luft des Windkessels in das Steigrohr getrieben. Dies dauert so lange, bis die Bewegung durch das Gewicht der in der Steigröhre befindlichen Wassersäule und die in der Maschine auftretenden Hindernisse vernichtet ist. Ist dieser Moment eingetreten, so schliesst sich das Steigventil durch sein eigenes Gewicht; dafür öffnet sich aber durch sein eigenes Gewicht das Sperrventil des Widders, welches deshalb gewöhnlich das doppelte specifische Gewicht des Wassers hat. Jetzt strömt wieder Wasser durch die Widderöffnung, das Sperrventil wird wieder zugestossen, das Steigventil wieder geöffnet und das eben beschriebene Spiel geht, nachdem es einmal eingeleitet ist, weiter fort, so dass das Wasser im Steigrohre noch höher getrieben wird.— Die Höhe, bis zu welcher das Wasser mit Hilfe dieses Stosshebers gehoben werden kann, hängt von dem Durchmesser der horizontalen Röhrenstrecke und von der Geschwindigkeit in dieser ab, ausserdem sind aber noch die in der Leitung vorhandenen Widerstände zu berücksichtigen.

Widersee heisst der Zurücklauf der Meereswellen vom Ufer nach der See zu. Die Engländer sagen dafür Surf, die Franzosen Ressac. An klippenvollen Küsten nennt man die Widersee gewöhnlich Brandung (s. d. Art.).

Widerstand der electrischen Leitung, s. Art. Leitungswiderstand und Rheostat.

Widerstand des Mittels gehört zu den Hindernissen der Bewegung (s. d. Art.). Ist der Raum, durch welchen sich ein Körper bewegt, mit Flüssigkeit erfüllt, so müssen fortwährend wegen der Undurchdringlichkeit (s. d. Art.) Theilchen derselben aus ihrer Stelle geschoben werden. Hierzu ist, da die zu verschiebenden Theilchen Trägheit (s. d. Art.) besitzen, Kraft erforderlich. Folglich verliert ein in Bewegung befindlicher Körper, wenn er sich selbst überlassen wird, fortwährend einen Theil an seiner bewegenden Kraft, und soll kein solcher Verlust eintreten, so ist fortwährend eine gewisse Kraft aufzuwenden. Die Flüssigkeit — wobei es gleichgültig bleibt, ob sie tropfbarflüssig oder luftförmigflüssig ist — nennt man das umgebende Mittel oder Medium und das Hinderniss, welches sie entgegensetzt, den Widerstand des Mittels.

Die Flüssigkeiten, welche hier vorzugsweise in Betracht kommen, sind Wasser und Luft. Im Allgemeinen gilt Folgendes: Der Widerstand des Mittels ist um so grösser, je dichter das Mittel ist, und steht mit der Dichtigkeit in geradem Verhältnisse; er ist um so kleiner, je schärfer die Vorderfläche des bewegten Körpers ist; er wird um so grösser, je schneller sich der Körper bewegt, und zwar wächst er annähernd im Verhältnisse mit dem Quadrate der Geschwindigkeit. Gegen bewegte Körper ist der Widerstand des ruhigen Wassers kleiner, als bei

dem Stosse bewegten Wassers gegen dieselben ruhenden Körper. — Der Luftwiderstand (s. d. Art.) verhält sich im Allgemeinen wie der Wasserwiderstand; vergleiche überdies Art. Wurfbewegung.

Widerstandssäule heisst ein von Eisenlohr construirter Apparat, um in den Schliessungsbogen einer galvanischen Säule der Reihe nach verschiedene bekannte Widerstände einzuschalten. Diese Säule besteht aus einem Holzcylinder, in welchen eine Anzahl Vertiefungen eingedreht sind. Die dazwischen stehenbleibenden hervorragenden Holzringe werden mit messingenen Reifen belegt und je zwei aufeinanderfolgende dieser Reifen können durch einen um eine Schraube drehbaren Messingstreifen in leitende Verbindung gesetzt werden, indem diese Streifen kleine Brücken bilden. In die Vertiefungen wickelt man übersponnenen Draht von bekanntem Widerstande, z. B. in die erste eine Drahtlänge gleich der Widerstandseinheit, in die 2. die doppelte Länge, in die 3. die dreifache u. s. w. gewöhnlich bis zur neunfachen, und bei einem zweiten ganz ähnlichen Apparate in die erste die zehnfache, in die zweite die zwanzigfache u. s. f. bis zur neunzigfachen. Das eine Ende des ersten Drahtes steht mit einer Klemmschraube in Verbindung, das andere Ende geht zu dem Messingreifen des nächstfolgenden Holzringes, an welchem auch der Draht der nächsten Vertiefung befestigt ist, während dessen anderes Ende wieder zu dem Messingreifen des nächstfolgenden Holzringes geht u. s. f., bis der letzte Draht ebenfalls mit einer Klemmschraube in Verbindung ist. Sind alle Brücken übergeschlagen, so geht ein Strom, dessen Schliessungsdrähte an den Klemmschrauben befestigt sind, einfach durch die Brücken; löst man aber die erste Brücke aus, so kommt der in der ersten Vertiefung liegende Draht mit in den Schliessungsbogen u. s. f. — Vergl. auch Art. Rheostat.

Widerstandstalon, s. Art. Leitungswiderstand. — Neuerdings hat die British Association eine Widerstandseinheit angenommen, die wahrscheinlich in allgemeinen Gebrauch kommt. Eine Widerstandseinheit von Siemens in Berlin hat sich = 0,9625 der Einheit der British Association ergeben. S. Poggendorff's Annal. Bd. 125. S. 497. ff.

Widerstrom nennen die Seeleute eine Strömung, welche der Fahrt des Schiffes gerade entgegengesetzt ist.

Widerzeit heisst bei den Seeleuten die Rückkehr der Ebbe und Fluth. Ist einem Schiffe die Ebbe oder Fluth entgegen und geht es deshalb vor Anker, um die günstige Strömung zu erwarten, so wartet es eben auf die Widerzeit, und bis dahin, sagt man, hat das Schiff Zeit gestoppt.

Widmanstädten'sche Figuren, s. Art. Figuren, Widmanstädten'sche.

Wiederhall oder Echo (s. d. Art.).

Wiege, die, ist ein aussergewöhnliches wälzendes Pendel, s. Art. Pendel. S. 195 und 202. C. 2.

Wieger, s. Art. Trevelyan-Instrument.

Wimpern heissen die Häärchen an den Augenlidern. S. Art. Auge.

Wind heisst jede mehr oder weniger heftige Bewegung der atmosphärischen Luft vom leisesten Wehen bis zum gewaltigen Sturme oder Orcane. Man benennt diese Luftströmungen jetzt gewöhnlich nach den Himmelsgegenden (s. d. Art.), aus welchen sie kommen; in bestimmten Fällen erhalten sie jedoch auch nach den besonderen Umständen, unter denen sie auftreten, besondere Namen. So nennt man z. B. den rauhen und kalten Nord- oder Nordostwind, welcher in der Schweiz Bise heisst, im Rhonethale und an den Küsten der Provence Mistral, in Istrien und Dalmatien Bora, in Spanien Gallego. (Ueber solche locale Benennungen geben in der Regel specielle Artikel Auskunft, z. B. Chamsin, Samiel, Sirocco etc.)

Die Ursache, welche die Winde erzeugt, erschien im hohen Alterthume so mysteriös, dass man sich nicht anders zu helfen wusste, als die Winde selbst zu Söhnen von Göttern oder von Riesen zu machen. Der Boreas oder Aquilo, unser Nord- oder Nordostwind, ebenso der Zephyr oder Favonius, unser Westwind, und der Notos oder Auster, unser Südwind, waren z. B. Söhne des Asträos und der Eos; der Eurus oder Vulturnus, unser Südostwind, galt als Sohn des Typhon. Aeolus, ein Sohn oder Enkel des Hyppotes, wurde vom Zeus zum unmittelbaren Vorgesetzten sämmtlicher Winde ernannt und wohnte auf einer schwimmenden und mit ehernen Mauern umgebenen Insel Aeolia. — Die Ansichten der Naturforscher des Alterthums waren zum Theil nicht ohne Scharfsinn, verfehlten jedoch die eigentliche Ursache, den Ursprung der Luftbewegung, wohl besonders deshalb, weil ihre Beobachtungen sich auf ein zu kleines räumliches Gebiet erstreckten. Betrachteten doch selbst noch 1712 Mairan und sogar 1775 Toaldo die Dünste des Wassers als die Grundursache der Winde.

So lange die Schifffahrt noch nicht auf die beiden Seiten des Aequator sich erstreckte, Windbeobachtungen nur auf der nördlichen Erdhälfte und auch da nur auf dem östlichen Theile angestellt wurden, war es nicht zu erwarten, dass man wegen der vielfachen Störungen der Gesetzmässigkeit, welche man in neueren Zeiten auch in grösseren Breiten entdeckt hat, eben diese Gesetzmässigkeit erkannte, noch weit weniger, dass man ihre Nothwendigkeit aus den richtigen Principien hätte ableiten können. Ohne die speciellen Fälle der Windströmungen unter den Tropen war es, wenn nicht ganz unmöglich, doch sicher unendlich schwierig, das allgemeine Gesetz zu ergründen. Die wissenschaftliche Untersuchung der Windverhältnisse konnte also nicht früher, als mit dem 15. Jahrhunderte von Erfolg sein.

Die ausgedehnteren Seefahrten nach der Entdeckung Amerika's und des Seewegs nach Ostindien gaben Aufschluss über die Windverhältnisse zwischen den Wendekreisen. Man fand dort Gegenden, in

denen der Wind das ganze Jahr hindurch aus derselben Richtung kommt, so stetig, dass man diese Winde Damenwinde (s. d. Art.) nannte. Diese constanten Winde nennen wir Passate oder Passatwinde, die Engländer *trade winds* (Handelswinde), die Franzosen *vents alizés* (von einem alten französischen Worte *alis* = regelmässig oder einförmig, oder aus *Elizien* entstanden, welches bei den Alten Winde bezeichnete, die zu einer gewissen Jahreszeit sich beständig einstellten). Die Gegenden, in welchen man diese Passatwinde antraf, waren namentlich das atlantische Meer und der stille Ocean. — An anderen Orten der Erde weht der Wind mehrere Monate lang aus einer und derselben Himmelsgegend und wird dann für den übrigen Theil des Jahres entweder veränderlich oder er weht ebenso constant aus einer anderen, der früheren oft entgegengesetzten Himmelsgegend. Diese Art der Winde nennt man Mussons (s. Art. Musson und Etesien).

Diese auffallenden Erscheinungen zu erklären, musste die nächste Aufgabe sein. Der Weg dazu wurde aber erst wieder gebahnt durch einen noch specielleren Fall, nämlich durch die regelmässigen Land- und Seewinde, die sogenannten schwachen Winde oder Brisen, welche an einigen Küsten, namentlich zwischen den Wendekreisen, zu verschiedenen Tageszeiten aus oft völlig entgegengesetzten Richtungen wehen, aber doch fast täglich auf dieselbe Art wiederkehren und daher auch Küstenwinde (s. d. Art.) genannt werden. Selbst in mittleren Breiten, z. B. auf Creta, beobachtet man diesen Windwechsel; desgleichen in Italien, an den Seen der Schweiz und Canada's.

Die Abhängigkeit dieser Küstenwinde von der ungleichen Temperatur der Luft über dem Lande und über dem Wasser ist im Art. Küstenwind ausgeführt, und dieser ursächliche Zusammenhang steht so fest, wie der des Luftzuges in einer zwei Räume von verschiedener Temperatur verbindenden Thür, in welcher bekanntlich unten die kältere Luft nach dem wärmeren Raume ein- und oben die wärmere nach dem kälteren ausströmt, wie der bekannte Versuch mit einer in die Thür gehaltenen Kerzenflamme augenfällig nachweist. Bei einer kreisförmigen Insel in dem Aequinoctialmeere würden die Küstenwinde ringsherum senkrecht auf die Küste wehen. Den Seewind veranschaulicht auch der Luftstrom, der sich bei einem im Freien angezündeten Feuer einstellt und von allen Seiten nach dem Feuer hin gerichtet ist, wenn sonst ruhige Luft stattfindet.

Auch bei den Passatwinden ist die Wärme das erregende Princip; wir müssen jedoch vorher noch das Phänomen näher in seinen einzelnen Verhältnissen feststellen, ehe wir zur Erklärung schreiten. — Wir finden nördlich vom Aequator Nordostwind, südlich Südostwind, welche beide, je näher dem Aequator, immer mehr in Ostwinde übergehen und da, wo sie sich begegnen, von einem ruhigen Gürtel getrennt werden, welcher bei den Seeleuten die Gegend der Windstillen

(*calmes*) oder der Veränderlichen heisst und wegen der fortwährend mit Windstillen abwechselnden, von Stürmen begleiteten Gewitter fürchterlich ist. Ueber die Lage der Gegend der Windstillen in den verschiedenen Jahreszeiten enthält Art. Calmen die näheren Angaben. Diese Passate, an welche sich in grösserer Entfernung vom Aequator auf der nördlichen Seite ein Südwestwind, auf der südlichen ein Nordwestwind anschliesst, ändern — wie die Gegend der Windstillen — ihre Lage mit dem Gange der Sonne, rücken vor- und rückwärts, und zwar so, dass einige Orte stets in dem Nordost- oder Südost-Passate bleiben. an anderen die Gegend der Windstillen und die Zone der Passate in einander eingreifen. Hier herrscht eine Zeit lang constanter Passat (Zeit der Sonnen), dann wechselt dieser mit der Windstille (Zeit der Wolken). Diese aussetzenden Passate nennt man intermittirende Winde. Ferner wird durch diese Ortsveränderung des Gürtels der Windstillen der eine Passat an Orte geführt, wo vorher der andere wehte; und endlich giebt es Orte, welche während des einen Theils des Jahres unter dem einen Passate liegen, in der anderen Zeit aber ganz ausserhalb dieser Erscheinungen in den die Passate einschliessenden Winden sich befinden. In den beiden letzteren Fällen herrschen sogenannte alternirende Winde. — Besonders ist der Fall, wo die Passate unter einander abwechseln, zu beachten, weil für den ersten Blick die Erscheinung gar nicht in einem solchen Wechsel zu bestehen scheint, indem nicht sowohl auf den Nordostpassat ein Südost folgt, sondern ein Südwest, und auf den südlichen Südostpassat kein Nordost, sondern ein Nordwest, so dass die Winde aus entgegengesetzten Richtungen wehen. Es ist dies der Fall bei den Mussons und Art. Musson giebt hierüber den erforderlichen Aufschluss.

Nach dem Bekanntwerden der Erscheinungen, welche die Passate zeigen, wurden verschiedene Erklärungen versucht, z. B. von Bacon von Verulam, Galilei, Varenius, Descartes. Nach diesen verfehlten Ansichten trat (1686) Halley mit einer allerdings noch nicht richtigen, aber der Wahrheit näheren Erklärung auf, indem er in der wärmenden Wirkung der Sonne die einzige Ursache erblickte. In dem heissen Gürtel des Aequator steigt die erwärmte und dadurch specifisch leichter gewordene Luft auf (*courant ascendant*), dadurch entsteht ein Zuströmen der kälteren Luft von Norden und Süden her, und nun sollte durch dies Zusammentreffen des Nordwindes und Südwindes mit einem an dem heissesten Gürtel entstandenen Ostwinde, welcher der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne seinen Ursprung verdanken sollte, einerseits ein Nordostwind und andererseits ein Südostwind entstehen. Ohne auf eine vollständige Widerlegung dieser Theorie einzugehen, führen wir nur das Eine an, dass nach derselben keine Gegend der Windstillen, sondern an deren Stelle ein fortwährend herrschender Ostwind das Resultat sein müsste.

Die richtige Erklärung der Passatwinde hat (1735) Hadley geliefert, und heben wir nur noch hervor, dass in manchen Schriften — wohl in Folge einer Namensverwechslung — diese richtige Hadley'sche Theorie als Halley'sche Theorie aufgeführt wird. Es nimmt Hadley auf die erwärmende Wirkung der Sonne wie Halley Rücksicht, ausserdem dient aber die unter den verschiedenen Breiten ungleiche Drehungsgeschwindigkeit der Erdoberfläche als Basis. Wegen der grösseren Erwärmung am Aequator und der dadurch herbeigeführten Ausdehnung der daselbst befindlichen, nun emporsteigenden Luft strömt nämlich die Luft von der Nord- und Südseite nach dem Aequator hin, erfährt aber eine Ablenkung von Nord in Nordost und von Süd in Südost dadurch, dass diese Luft von langsamer nach Osten hin rotirenden Punkten nach schneller sich bewegenden kommt, und nun — in Folge des Beharrungsvermögens (s. d. Art.) — gegen die Luft, in welche sie einströmt, westwärts zurückbleibt, d. h. nicht mehr aus Nord, sondern aus Nordost, ebenso nicht mehr aus Süd, sondern aus Südost weht. Die Passate sind also eine Folge der grösseren Erwärmung unter dem Aequator und der Achsendrehung der Erde. — Es ergiebt sich hieraus ohne Weiteres der Gürtel der Windstillen. Wo beide Passate zusammen kommen, stauen sich diese nämlich und es entstehen die Windstillen, unterbrochen von Gewittern, weil alle von den Passaten mitgeführten Dünste hier angehäuft werden. — Die in diesem Gürtel emporsteigende, in der Höhe abfliessende Luft strömt von dem Aequator wieder nord- und südwärts ab, kommt aus grösseren Breitenkreisen in kleinere, folglich aus Gegenden grösserer Rotationsgeschwindigkeit in solche von kleinerer, eilt darum ostwärts voraus und zeigt sich aus den oberen Gegenden herabkommend auf der nördlichen Halbkugel als Südwest-, auf der südlichen als Nordwestwind.

Die Haupterscheinungen unter den Tropen ergeben sich somit ohne Schwierigkeit. Hadley geht aber noch weiter und zeigt sogar die mechanische Nothwendigkeit dieser Erscheinung. Die nach dem Aequator strömende Luft nämlich wird, da sie als Nordost und Südost gegen die von Westen nach Osten sich drehende Erde strömt, durch ihre Reibung an der Erdoberfläche die Rotationsgeschwindigkeit der Erde verringern, so dass die Zeit des Sterntages länger werden müsste. Dies geschieht nicht; es muss also dieser Verlust an Rotationsgeschwindigkeit durch einen Impuls in der Rotationsrichtung der Erde wieder ausgeglichen werden, und dieser Impuls erfolgt eben durch den von oben zurückströmenden Südwest und Nordwest, indem diese den Passatwinden entgegengesetzt wirken.

Dass Hadley in der That die richtige Theorie aufgestellt hat, geht endlich aus der Erklärung der Mussons hervor, die aus Halley's Theorie nicht gelingen will. Nehmen wir an, dass die Gegend der Windstillen ganz auf die nördliche Seite des Aequators rücke und

selbst der südliche Passat, der Südostpassat, die Linie überschreite bis zu einer Gegend, in welcher zu einer anderen Jahreszeit der Nordostpassat herrscht. Dann kommt beim Ueberschreiten des Aequator der Südostpassat aus grösseren Breitenkreisen zu kleineren; es tritt also bei ihm das ein, was bei der aus der Gegend der Windstillen oben nordwärts abströmenden Luft bereits hervorgehoben ist, d. h. der Luftstrom eilt nun ostwärts voraus, der Südostpassat biegt um, wird erst Südwind, endlich sogar Südwestwind. Es ist also eine reine Folge der Rotation der Erde, dass an Orten mit Nordostpassat auf diesen, freilich durch eine Zeit der Windstillen getrennt, ein Südwestwind folgt, welcher aus dem Südostpassate der südlichen Erdhälfte entstanden ist. Ebenso würde auf der südlichen Halbkugel der in diese übergehende Nordostpassat in Nordwestwind übergehen und mit dem dortigen Südostpassate abwechseln können. Diese Verhältnisse der Mussons treten in dem indischen Oceane recht augenfällig auf in Folge der Gestaltung des Meeres und der benachbarten Ländermassen; ebenso machen sie sich zur Zeit des nördlichen Winters in Neuholland geltend.

Die Gegend, in welcher der Nordostpassat in der Nähe des Aequator aufhört, ist die nördliche Grenze der Gegend der Windstillen. Hierüber giebt Art. Calmen die wesentlichsten Zahlenangaben. Die äussere Grenze der Passate, d. h. die Entfernung vom Aequator, bis zu welcher die Passate sich erstrecken, liegt für den Nordostpassat im atlantischen Ocean im Mittel in 28° und im stillen Ocean in 25° n. Br. Die südliche Grenze des Südostpassat ist noch zu wenig bestimmt. Vgl. auch Art. Passatzone.

Bei der Erklärung der Windverhältnisse in den Tropen war man seit Hadley stehen geblieben. Erst in der neuesten Zeit ist namentlich durch Dove in Berlin auch über die Windverhältnisse in den aussertropischen Gegenden Licht verbreitet worden (1827, Poggend. Annal. Bd. 11, S. 545; vergl. aber namentlich Bd. 67, S. 300). Dove stellt das nach ihm benannte Drehungsgesetz auf, welches die Erscheinungen zwischen den Tropen als besondere Fälle einschliesst. Der Hauptsatz lautet: Die regelmässigen Erscheinungen der Winde in den Tropen, die Passate und Mussons, und die verwickelten Verhältnisse der gemässigten und kalten Zone sind nothwendige und einfache Folgen derselben physikalischen Grundbestimmungen. Das Drehungsgesetz selbst ist folgendes:

Auf der nördlichen Halbkugel dreht sich der Wind im Mittel im Sinne S. W. N. O., auf der südlichen im entgegengesetzten S. O. N. W.

Die Nothwendigkeit dieses Gesetzes zeigte Dove theoretisch unter

der Annahme, dass Aequatorial- und Polarströme mit einander wechseln, diese Ströme aber bei ihrem Fortschreiten in Orte verschiedener Rotationsgeschwindigkeit kommen. Wie bei den Passatwinden geht nämlich auf der nördlichen Halbkugel ein Nordwind beim weiteren Fortschreiten immermehr durch NO. in Ostwind über, ebenso ein Südwind durch SW. in Westwind; wir erhalten also schon in dem zwischen N. und O., ebenso in dem zwischen S. und W. liegenden Quadranten der Windrose ein vorherrschendes Bestreben der Winddrehung im Sinne des Dove'schen Drehungsgesetzes. Setzen wir nun den Fall, dass auf einen mehr oder weniger in Ostwind veränderten nördlichen Polarstrom ein Aequatorialstrom oder umgekehrt stösst und eindringt, so werden sich an beiden Seiten des eindringenden Stromes Wirbel, welche entgegengesetzte Drehung haben, bilden. Der eine dieser Wirbel wird im Sinne des Drehungsgesetzes erfolgen, und an den Orten, über welche der Wirbel fortschreitet, wird also eine vollständige Drehung in diesem Sinne eintreten. Nehmen wir dies Resultat zu dem vorigen, dem Drehungsgesetze günstigen hinzu, so stellt sich — wenngleich der andere Wirbel eine entgegengesetzte Drehung hat — überhaupt ein häufigerer Windwechsel im Sinne des Drehungsgesetzes heraus, als im entgegengesetzten. Gleichzeitig ersehen wir aber, woher auch Drehungen im entgegengesetzten Sinne kommen können, wenn nämlich über einen Ort der andere Wirbel fortschreitet. In gleicher Weise wird der Hergang auf der südlichen Halbkugel für das Dove'sche Drehungsgesetz sich herausstellen.

Es versteht sich von selbst, dass das Zusammentreffen der Polar- und Aequatorialströme nicht immer ein Eindringen des einen in den anderen zur Folge zu haben braucht. Je nach der Verschiedenheit der Intensität, mit welcher, und der Richtung, in welcher die Ströme zusammentreffen, wird das Resultat des Kampfes verschieden ausfallen. Im Vorstehenden sind einige Hauptfälle hervorgehoben, welche das thatsächlich durch Untersuchungen längerer und kürzerer Beobachtungsreihen erwiesene Drehungsgesetz von theoretischer Seite mindestens wahrscheinlich machen. Durch allerdings zahlreiche, scheinbare Unregelmässigkeiten in der Veränderung der Windrichtung darf man sich nicht beirren lassen; eher würde man sich zu verwundern haben, wenn das Resultat eines Kampfes zwischen zwei Luftströmen stets dasselbe wäre. Den schlagendsten Beweis für das wirkliche Vorhandensein des Kampfes geben übrigens die Angaben der meteorologischen Instrumente: des Barometers, Thermometers und Hygrometers, welche mit den physischen Eigenschaften der Ströme im genauesten Zusammenhange stehen. Wegen des Zusammenhanges zwischen Windrichtung und Barometerstand s. Art. Barometrie, S. 78; wegen des Zusammenhanges zwischen Windrichtung und Feuchtigkeitszustand der Luft s. den Schluss des Art. Hygrometrie; in Bezug auf die Temperatur s. Art. Windrose, thermische.

Ein einfacher Polarstrom giebt die Passate Nordost und Südost; ein einfacher Aequatorialstrom die von oben herabkommenden Südwest- und Nordwestwinde; ein einziger jährlicher Wechsel zwischen dem Polar- und Aequatorialstrome liefert die Mussons; zwei Wechsel würden den Fall ergeben, wo die Passate unter einander und mit dem von oben herabkommenden Strome abwechseln; noch öftere Wechsel führen in die aussertropischen Gegenden. So sehen wir, dass das Dove'sche Drehungsgesetz das allgemeine ist und auch die speciellen Fälle in sich fasst. — Das Drehungsgesetz wird sogar als Beweis für die Axendrehung der Erde gelten können. Wegen der grossartigen, gewaltigen Luftströmungen, die wir Stürme nennen, s. Art. Sturm.

Windbaum nennt man eine Bildung von Federwolken, welche nach einer Seite spitz auslaufen, während sie nach der anderen viele Aeste haben. Die Spitze zeigt gewöhnlich nach der Richtung hin, aus welcher der Wind kommt.

Windbüchsenlicht nennt man das Lichtbüschel, welches häufig beim Abschiessen einer Windbüchse im Dunkeln aus der Rohrmündung hervorkommt. Das Licht verschwindet gewöhnlich schnell, hat aber bisweilen eine Länge von über 6 Zoll. Die Veranlassung scheint die Reibung harter Körper am Rohre zu geben; denn der Versuch gelingt am leichtesten bei Anwendung eines Pfropfens aus Seide, Tuch und Gummilack. Bringt man Glas in den Lauf, so ist das Licht schön grünlich. Ohne Pfropfen zeigt sich die Lichterscheinung, wenn zufällig oder absichtlich Sand, Quarz oder andere Körper, die beim Reiben Licht erzeugen, in den Lauf gekommen sind.

Winde, alternirende, intermittirende u. s. w., siehe im Art. Wind; etesische Winde im Art. Etesien.

Winde, die, s. Art. Rad an der Welle, S. 306.

Windfahne oder Wetterfahne, s. Art. Anemoscop.

Windfang nennt man eine Vorrichtung, durch welche verhindert werden soll, dass die Geschwindigkeit der Bewegung einer Maschine, z. B. des Schlagwerks einer Uhr, eine gewisse Grenze überschreite. An einer Welle, welcher durch die Maschine die grösste Geschwindigkeit ertheilt wird, bringt man Flügel an, welche von der Luft einen um so grösseren Widerstand erfahren, je schneller die Umdrehung ist (s. Art. Widerstand des Mittels).

Windgeschwindigkeit, s. Art. Anemoskop, S. 30; vergl. auch Art. Spiegelanemometer.

Windharfe oder Aeolsharfe (s. d. Art.; vergl. auch Art. Wetterharfe).

Windhöhle, s. Art. Wetterloch.

Windhose, s. Art. Wasserhose.

Windkasten / **Windkessel** } in den Feuerspritzen und an Wasserhebungsmaschinen ist ein Heronsball (s. d. Art.).

Windkugel oder Aeolipile oder Dampfkugel (s. d. Art.).

Windloch, s. Art. Wetterloch; ausserdem vergleiche wegen des Windlochs an Pfeifen Art. Labialpfeife.

Windmesser oder Anemometer (s. d. Art. und Anemoskop).

Windofen, s. Art. Ofenheizung, S. 173.

Windregulator heisst eine Einrichtung, durch welche einem Gebläse, welches an sich keinen gleichmässigen Luftstrom giebt, ein solcher verschafft werden soll. Stellenweis hat man dies durch grosse luftdichte Kammern zu erreichen gesucht, deren Inhalt den des Gebläses 40 bis 50mal übertrifft und die auf der einen Seite mit dem Gebläse und auf der anderen mit der Düse in Verbindung stehen, so dass die Dichtigkeit der in der Kammer enthaltenen Luft nicht wesentlich während eines Spieles des Gebläses verändert wird. In anderen Fällen hat man sogenannte Trockenregulatoren (s. d. Art.) und Wasserregulatoren (s. d. Art.).

Windrose heisst eine Abbildung des nach den Himmelsgegenden eingetheilten Horizontes, weil auch die Winde nach der Himmelsgegend, aus welcher sie wehen, ihre Namen erhalten. Die Windrose ist namentlich als Compassscheibe (s. Art. Compass) wichtig. Die 32 Windstriche, wegen deren Benennung Art. Himmelsgegenden zu vergleichen ist, gehen vom Centrum des Kreises der Windrose nach der Peripherie; die Radien selbst heissen Rhumblinien und ihre Endpunkte an der Peripherie Compassstriche oder Rhumben. Da es darauf ankommt, schnell und sicher die einzelnen Compassstriche zu erkennen, so treten diejenigen verschiedener Ordnung (s. Art. Himmelsgegenden) vom Centrum aus in verschiedene Entfernungen heraus und zwar die zu derselben Ordnung gehörenden gleichweit, die 4 Cardinalpunkte am weitesten, die folgenden Ordnungen mehr zurück. Der Nordstrich wird durch eine besondere Zeichnung, sogenannte Lilien, vorzugsweise kenntlich gemacht, in der Regel auch der Oststrich durch eine kleinere, während die übrigen nur in Spitzen auslaufen. — Die Compassscheiben der Peil- und Azimuthalcompasse haben ausser der Windrose noch mehrere concentrische Abtheilungen, namentlich einen die eigentliche Windrose umgebenden Kreis, mit ganzen Windstrichen, zwischen denen noch die Viertelstriche angegeben sind.

Windrose, atmische, enthält die hygrometrischen Werthe der verschiedenen Windrichtungen; s. Art. Hygrometrie, S. 482.

Windrose, barische oder barometrische, giebt die Abhängigkeit des Barometerstandes von der Windrichtung an; s. Art. Barometrie, S. 78.

Windrose, nephische, drückt das Verhältniss der Windrichtung zur Bewölkung aus. Eisenlohr hat eine solche für Carlsruhe berechnet. Danach heitert sich in allen Jahreszeiten der Himmel am meisten mit Nord-Ostwind auf und trübt sich am meisten mit Süd-Westwind.

— Eine thermisch-nephische Windrose hat Gube von Zechen bei Guhrau geliefert, aber keinen stetigen Uebergang von einem absoluten Maximum zu einem absoluten Minimum gefunden.

Windrose, thermische, nennt Dove die Bezeichnung der einzelnen Windstriche durch diejenigen Temperaturmittel, welche die Beobachtungen an einem Orte ergeben haben würden, wenn dabei stets der Wind aus einer Richtung geweht hätte. Um diese Temperaturmittel zu finden, muss der Einfluss der täglichen und jährlichen Temperaturperiode vor der Ziehung des Mittels eliminirt werden, was am passendsten dadurch geschieht, dass man die mittlere Windrichtung des Tages und das Mittel aus dem thermischen Maximum und Minimum mit einander verbindet, während man durch Berechnung des Monatsmittels annähernd die jährliche Periode beseitigt. — Wir geben dies hier näher an, weil Kämtz bedauerlicherweise anders gerechnet hat.

Dove hat zuerst pariser, dann londoner Beobachtungen berechnet: Kämtz folgte mit Berechnungen für London, Paris, Hamburg, Ofen, Moskau, Stockholm und Halle; Eisenlohr für Carlsruhe; Gräger für Mühlhausen; ausserdem hat Dove Resultate für Petersburg und Reikiawig mitgetheilt; ferner hat Häghens für Paris, James für Dublin, Gube für Zechen bei Guhrau und Voigt für Arys in Ostpreussen gerechnet.

Die thermischen Windrosen lassen im Mittel des Jahres sehr deutlich erkennen, dass die südlich-westlichen und die nördlich-östlichen Winde der nördlichen gemässigten Zone im Gegensatze zu einander stehen, nicht nur der Richtung, sondern auch der Temperatur nach; namentlich im Winter tritt die Uebereinstimmung zwischen Windrichtung und Temperaturstörung augenfällig hervor; am geringsten sind die thermischen Unterschiede der Windrose im September.

Windskala in Bezug auf die Geschwindigkeit des Windes, s. Art. Anemoskop, S. 30.

Windstillen, Gegend der, s. Art. Calmen.

Windstärke, s. Art. Anemoskop, S. 30.

Windstreifen, s. Art. Windbaum.

Windstrich oder Compassstrich oder Rhumb, s. Art. Windrose.

Winkelgeschwindigkeit bezeichnet bei Bewegungen in krummlinigen Bahnen die Grösse des Winkels, welchen der Radius oder Radiusvector in einer Secunde durchläuft. Vergl. über Geschwindigkeit Art. Bewegung, S. 87.

Winkelhebel heisst ein Hebel (s. d. Art.), bei welchem die Verbindungslinien des Drehpunktes mit den Angriffspunkten der Kräfte an dem Drehpunkte einen Winkel bilden.

Winkelmass, rheometrisches, von Geminiano Poletti, ist ein Strommesser (s. d. Art.), der aus einem verticalen Stabe besteht,

gegen welchen das Wasser stösst und den ein Gewicht an einem oben befindlichen horizontalen Arme in verticaler Stellung hält.

Winkelmesser oder Goniometer (s. d. Art.).

Winkelspiegel, s. Art. Spiegel A., S. 447.

Winter, s. Art. Jahreszeiten.

Wintergewitter, s. Art. Gewitter.

Winterlawine, s. Art. Lawine.

Winterpunkt, s. Art. Winterwendepunkt.

Winterregen, s. Art. Regen.

Winterwende | **Winterwendepunkt** oder Winterpunkt heisst derjenige Punkt der Ecliptik, in welchem die Sonne ihre grösste südliche Abweichung, die gleich der Schiefe der Ecliptik ist, erreicht. S. Art. Solstitialpunkte.

Wippe, s. Art. Gyrotrop.

Wirbel in Gewässern, s. Art. Strudel.

Wirbelsturm, s. Art. Sturm.

Wirbelwind, s. Art. Wasserhose.

Wirkung nennt man überhaupt die Entwickelung der Thätigkeit einer Kraft. Redtenbacher unterscheidet mit Rücksicht darauf, ob die Kraft eine Thätigkeit entwickelt, welche die beabsichtigte Bewegung begünstigt oder dieselbe zu hindern sucht, Wirkung für den ersteren Fall und Gegenwirkung für den zweiten, so dass also bei einer Wirkung der Angriffspunkt der Kraft vorwärts, bei einer Gegenwirkung rückwärts schreite. Der Wirkung einer Bewegung steht aber — wie bereits Newton als Grundsatz aufgestellt hat — stets eine gleiche Gegenwirkung entgegen, d. h. wenn zwei Körper auf einander wirken, so sind ihre Wirkungen gleich, aber entgegengesetzt. Anders drückt man dies auch so aus: die Action ist gleich der Reaction, der Druck immer gleich dem Gegendruck.

Wirkungsfunction nennt Kirchhoff dasselbe, was Thomson nur mit entgegengesetzten Zeichen mechanische Energie (s. Art. Energie) nennt. Vergl. auch Art. Werkinhalt.

Wirkungskreis, electrischer, s. Art. Atmosphäre, electrische, S. 47.

Witterung oder Wetter (s. d. Art.).

Wiuga nennt man in den russischen Steppen einen Schneesturm.

Wiuschke oder Gusche heisst der Verschluss des Rauchrohres am russischen Ofen. S. Art. Ofenheizung.

Woche, die bekannte Unterabtheilung des Monats, soll ihren Ursprung in der hebräischen Zeitrechnung haben, in welche sie zufolge der religiösen Einrichtungen der Juden kam; es scheint indessen auch nicht unwahrscheinlich, dass diese kürzere Periode bereits von den Egyptern entlehnt war.

Woge oder Welle (s. d. Art. und Wellenbewegung).

Wolken sind nichts Anderes als Nebelmassen von mehr oder weniger Dichte, welche in verschiedenen Höhen der Atmosphäre sich befinden, ebenso wie man Nebel als auf der Erdoberfläche befindliche Wolken erklären kann. Alle Nebel, welche sich an feuchten Orten, in der Tiefe der Thäler, auf Bergen, um hohe Felsengipfel und dergleichen an der Oberfläche der Erde bilden, werden mithin Wolken, wenn sie, ohne sich zu zerstreuen, von den Winden fortgeführt werden. Insofern gilt über die Wolkenbildung, was im Art. Nebel über die Nebelbildung gesagt ist. Die Wolken können jedoch noch einen anderen Ursprung haben, sie brauchen nämlich nicht von der Erdoberfläche fortgeführte Nebel zu sein, sondern können sich direct in der Höhe der Atmosphäre bilden. Dies wird dann der Fall sein, wenn sich zwei feuchte Luftströme von ungleicher Temperatur begegnen und der Wassergehalt für die entstandene mittlere Temperatur mehr beträgt, als das Maximum der Expansivkraft des Wasserdunstes gestattet (s. Art. Dampf, Hygrometer 2. und Hygrometrie), oder wenn sich Dämpfe massenweis in Regionen erheben, welche zu kalt sind, um dieselben im luftförmigen Zustande zu erhalten.

Dass die Wolken Nebel sind, zeigt sich beim Besteigen hoher Berge und bei Luftfahrten. Es fragt sich nun, wie diese Nebel in der Atmosphäre schweben können. Ohne uns auf die früheren, zum Theil seltsamsten Hypothesen einzulassen, erinnern wir sofort daran, dass der Nebel nicht aus dichten Wasserkugeln, sondern aus mit Dampf gefüllten Bläschen besteht (s. Art. Nebel und Dampfbläschen). Hieraus folgt, dass die Wolke nicht etwas Fertiges, Bestehendes, dass sie kein Magazin ist, in welchem aller unten herabfallende Regen, Schnee und Hagel präparirt wird, sondern dass in der Wolke nur ein Process vorgeht, dass, wie Dove sagt, die Beständigkeit einer Wolke nur scheinbar ist, und sie nur besteht, indem sie entsteht und vergeht. Eine Wolke ist feiner Regen. Aber, fragt man, mag er auch noch so fein sein, warum fällt er nicht? — Aber wer sagt denn, dass die Wolken nicht fallen; sie lösen sich nur wieder auf, indem sie in die unteren erwärmteren Luftschichten herabsinken. Fällt der Regen tiefer, aber noch nicht bis zur Erde, so erhält die von der Seite gesehene Wolke jenes charakteristische streifige Ansehen, welches ein Vorbote nahen Regens ist. Eine Wolke ist demnach ein localer Regen in einer Luftschicht, an deren Grenze das Niedergeschlagene sich wieder auflöst. Kommt der Regen bis zur Erdoberfläche, so giebt die Wolke das Wenigste desselben her, sondern die herabfallenden Tröpfchen vergrössern sich während des Fallens durch Condensation der Wasserdünste in der Luftschicht, welche sie durchfallen; es regnet nicht die Wolke allein, sondern die ganze Luftsäule bis zum Boden (s. Art. Regen, S. 319 u. 320). — Hiernach erklärt sich auch das Eintreten der sogenannten Wolkenbrüche, wenn

nämlich eine massenhafte Condensation stattfindet, indem eine bedeutende Uebersättigung herbeigeführt wurde.

Oft bedecken isolirte Wolken stundenlang ohne scheinbaren Wechsel die Gipfel hoher Berge oder es schweben dergleichen über einzelnen Inseln. Der Pilatusberg am Vierwaldstädter-See hat davon seinen Namen Hut- oder Haubenberg. Schon Saussure gab die richtige Erklärung. Die durch den Wechsel der Tagessonne verschieden erwärmten Bergcolosse verdichten nämlich auf der kalten Seite die vorüberziehende Luft zu Wolkennebel und auf der wärmeren Seite verschwinden diese Niederschläge wieder ebenso schnell durch Verdunstung in der nicht gesättigten Luft. Recht schön sieht man ein ähnliches Phänomen im Kleinen an den dahin brausenden Locomotiven, über denen fortwährend eine Dampfwolke schwebt, indem die eben entstandene und sofort verschwindende Wolke durch einen neuen Ausstoss verbrauchten Dampfes erneuert wird. Dass Wolkenanlagerungen um die Gipfel der Berge als ein Vorzeichen von Regen gelten können, ist insofern begründet, als ihr Auftreten ein sicheres Anzeichen ist, dass bereits ein feuchter Luftstrom über jene Höhen hinwegzieht. Saussure hat derartige Wolken Schmarotzerwolken genannt. — Aehnlich der Wolke des Pilatusberges ist die das Tafeltuch genannte Wolke auf dem Tafelberge am Vorgebirge der guten Hoffnung, die sich bei dem vom indischen Oceane wehenden, mit Feuchtigkeit beladenen Südostwinde einstellt und an dem entgegengesetzten Abhange Wasserströmen gleichend in Streifen herabstürzt, ohne jedoch die Tiefe zu erreichen, da sich die Dünste in der unteren wärmeren Luft wieder auflösen. — Das Schweben einer Wolke über einer einzeln liegenden Insel, z. B. St. Helena, erklärt sich aus dem über der Insel aufsteigenden Luftstrome, wenn die Insel durch die Einwirkung der Sonne wärmer geworden ist als das umgebende Wasser. Die aufsteigenden Dünste erleiden oben eine Verdichtung. — So bilden sich auch über Wäldern und Wiesen Wolken, während über der wärmeren Sandfläche dieselben sich wieder auflösen (s. Art. Wetterscheide).

Oefter beobachtet man mehrere Wolkenschichten über einander, wohl selbst in den verschiedenen Schichten nach verschiedenen Richtungen ziehend. Dies hängt mit den in verschiedenen Höhen ungleich gerichteten Luftströmungen zusammen. Tritt ein kalter Luftstrom von einiger Mächtigkeit in verticaler Richtung in eine wärmere Luftmasse, so kann an der unteren und oberen Grenze desselben ebenfalls ein Niederschlag eintreten und eine doppelte Wolkenschicht muss die Folge sein. — Ist der kalte Strom ein continuirlicher, so wird auch die Wolkenschicht ein zusammenhängendes Ganze bilden; bewegt sich der Strom nur stossweise, so wird er einzelne Wolken erzeugen. — Tritt ein viel Wasserdunst enthaltender warmer Luftstrom in eine kältere Luftregion, so wird in dem warmen Luftstrome Wolkenbildung erfolgen. — Ver-

drängt ein kalter Strom einen wärmeren, so wird die Wolkenbildung in der Nähe der Erdoberfläche vor sich gehen, da die kältere Luft die schwerere ist; stellt sich ein wärmerer Luftstrom ein, so werden die Wolken in der Höhe erscheinen.

Ueber die Wolkenformen hat Luke Howard eine bestimmte, beifällig aufgenommene Terminologie aufgestellt. Dove erklärt dieselbe zwar für naturhistorisch brauchbar, aber für durchaus unphysikalisch. Howard unterscheidet drei Hauptformen, den Cirrus, Cumulus und Stratus, denen sich noch 4 Unterarten anschliessen, nämlich Cirrocumulus, Cirrostratus, Cumulostratus und Nimbus.

Der Cirrus oder die Federwolke besteht meistens aus zarten Fäden, welche bald als ein feiner weisslicher Federpinsel am blauen Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen. Er ist ein Erzeugniss des leichteren, warmen, oben sich einfindenden Luftstromes und stellt sich meist als Vorbote einer Aenderung nach anhaltender Dürre ein. — S. Art. Windbaum.

Der Cumulus oder die Haufenwolke zeigt sich in der einfachsten Form als Halbkugel über einer horizontalen Grundfläche, es häufen sich bald mehrere solcher einzelnen Halbkugeln zusammen und bilden die Wolken, welche am Horizonte stehend einem Gebirge mit glänzenden Gipfeln gleichen. Er ist durch die Wirkung des ungleich erhitzten Bodens auf die darauf ruhende Luftsäule entstanden und verlangt eine möglichst ruhige Atmosphäre.

Der Stratus oder die Schichtwolke ist eine oben und unten horizontal begrenzte Nebelschicht, welche wir an heiteren Sommertagen über Wiesen und Gewässern liegen sehen, die sich beim Untergange der Sonne bildet und nach ihrem Aufgange wieder verschwindet. Häufig ist er auch nur ein von fern gesehener bedeckter Himmel.

Unter Cirrocumulus (federige Haufenwolke) werden die zarten, runden, in Reihen geordneten Wolken verstanden, welche in Deutschland Schäfchen oder Lämmchen heissen.

Der Cirrostratus (federige Schichtwolke) besteht aus flachen Wolkenblättchen, auch wohl aus kurzen faserigen Theilen, die aber schon dichter aussehen als die Federwolken; er bildet allemal eine horizontale Schicht, welche im Zenith aus einer Menge zarter Wolken zusammengesetzt erscheint, am Horizonte aber sich als eine lange dichte Wolke von sehr geringer Breite zeigt. Er ist wohl eigentlich der allmälig herabsteigende Cirrus, der zuletzt in allgemeine Trübung übergeht.

Der Cumulostratus (gethürmte Haufenwolke) entsteht, wenn die Cumuli sich häufen, sich immer mehr und mehr über einander thürmen und ein dunkleres Ansehen erhalten. Er ist der Gegensatz

des Cirrus, nämlich eine Folge des zuerst unten stossweise eintretenden kalten Stromes.

Die eigentliche Regenwolke, der Nimbus oder Cirrocumulostratus, entsteht meist aus dem Cumulostratus, zeigt sich als dunkle Wolkenmasse, mehr oder weniger ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so dass man nicht mehr im Stande ist, die einzelnen Theile zu erkennen, und entsendet Regen nach unten. Dove will unter Nimbus die nebelartige Trübung verstanden wissen, welche besonders im Spätherbste entsteht.

Die Wolkenformen und ihre Veränderungen gewähren mannichfachen Anhalt in Bezug auf die bevorstehenden Witterungsverhältnisse. Bleiben die Federwolken nach vorangegangener Dürre fein und zart, ihre Gestalt oft wechselnd, so ist noch nicht an Regen zu denken; werden sie aber dichter, zahlreicher und grösser, d. h. bezieht sich der Himmel, so gilt dies als eintretender Wind und Regen. Dann zeigt sich gegen Abend im Westen gewöhnlich der Wolkendamm, für welchen Goethe die Bezeichnung Paries (Wand) vorgeschlagen hat, und es steht ziemlich sicher Regen in Aussicht, denn der Südwestwind hat dann in den oberen Regionen bereits das Uebergewicht erhalten. Treten die Federwolken nach vorangegangenem warmen Regen und nach herrschenden West- und Südwestwinden auf, so gelten sie auch als Zeichen einer veränderten Windrichtung und eines Wetterumschlags und zwar deuten die dann sich bildenden Lämmchen oder Schäfchen auf heiteres Wetter. — Zeigt die Haufenwolke Neigung sich aufzulösen, was namentlich in den Nachmittagsstunden zu erwarten ist, so liegt darin der Beweis, dass die Luft von ihrem Sättigungspunkte noch entfernt und an Regen nicht zu denken ist; nehmen sie aber entschieden und zwar selbst des Nachmittags an Dichtigkeit zu, verlieren sie ihre schöne Wölbung und überziehen sie immermehr das Himmelsgewölbe, so ist darin eine Andeutung gegeben, dass die Luft dem Sättigungspunkte zuschreitet. Das dann gegen Abend gewöhnlich eintretende sogenannte Wasserziehen (s. d. Art.), indem die Sonnenstrahlen dann nur durch Wolkenlücken durchbrechen, ist darum als ein Regenzeichen bekannt. — Von der Schichtwolke als einem Nebel gilt auch das im Art. Nebel über das Fallen und Steigen desselben Angeführte. Verschwindet dieselbe des Morgens nicht, wo dann ein bleiches Morgenroth erscheint, so steht sicher Regen zu erwarten. Zeigt sie sich des Abends in Begleitung von feurigem Abendrothe, so ist noch Aussicht vorhanden, dass eine Auflösung in Haufen- und Federwolken eintritt. Tritt die Schichtwolke an Wintertagen des Abends auf mit prächtiger Abendröthe, so folgt gewöhnlich eine heitere, kalte Nacht. Die untergehende Sonne erscheint dann meist ungewöhnlich gross. — Das längere Stehenbleiben der Wolken an Berggipfeln, desgleichen das längere Beharren der aus Locomotiven hervortretenden Dampfwolken, anhaltende Wolkenbildung

über Siedehäusern und dergl., das Sichtbarwerden von Nebeln über Quellen oder feuchten Stellen (das sogenannte Brauen der Berge) ist ein Zeichen, dass die Atmosphäre dem Sättigungspunkte nahe ist. — Ueber fernere Wetteranzeichen vergl. Art. Wetter.

Ueber die Höhe der Wolken ist bis jetzt nur wenig ermittelt worden. Die Ortsveränderung und die Unbeständigkeit der Form der Wolken bietet einer Messung eigenthümliche Schwierigkeiten. Es scheint eine Abhängigkeit vom Klima und den Gebirgsformationen stattzufinden. Von den Polen nach dem Aequator zu dürfte die Höhe zunehmen, ebenso von dem flachen Lande zum Hochlande hin. Ueber dem Meere ist die Höhe jedenfalls niedriger als über dem Festlande. Je wärmer es ist, desto höher rückt die Wolkenbildung hinauf. Der Cirrus geht am höchsten und die mittlere Höhe dürfte 20000 Fuss betragen.

Die Dicke der Wolkenschicht ist ungemein verschieden. Bei einer Luftfahrt, welche Barral und Bixio am 27. Juli 1850 in Paris unternahmen, geriethen sie bald in die Wolken und erst in einer Höhe von 20161 Fuss wurde der Nebel weniger dick, so dass — die grösste Höhe, bis zu welcher der Ballon gelangte, war 22345 Fuss — die Dicke der Wolkenschicht in diesem Falle wenigstens 15925 rheinl. Fuss, wahrscheinlich noch mehr betragen hat.

Wegen Ermittelung der Richtung des Wolkenzugs vergl. Art. Spiegelanemometer; wegen der Gewitterwolken Art. Gewitter.

Wolkenbruch, s. Art. Wolken.

Wolkenelectricität, s. Art. Gewitter.

Wollaston's Säule, s. Art. Säule, electrische. S. 364.

Woolf'sche Dampfmaschine, s. Art. Dampfmaschine. S. 197.

Wünschelruthe, die (*virgula divina* oder *divinatrix* oder *saliens*), gehört mit ihren wunderbaren Wirkungen in das Gebiet der Tischrückerei. Sie ist uralt (vergl. in der Bibel 1. Mos. 30, v. 37; 2. Mos. 17 und 4. Mos. 20, v. 11; wohl auch 4. Mos. 17; ferner auch *Cicero de offic.* I. 44). — Man hat die Wünschelruthe vorzugsweise gebraucht um Stellen zu ermitteln, an denen sich Wasseradern oder Lagerstätten edler Metalle oder verborgene Schätze befinden; aber auch Diebe, Mörder und andere Verbrecher hat man mit ihrer Hilfe ausfindig machen zu können vorgegeben. Auch ist nicht zu läugnen, dass sich in geschickten Händen die Wünschelruthe zu allen möglichen Dingen brauchbar erwiesen haben wird. In den letzten Jahren des 17. Jahrhunderts lebte zu St. Verran in der Dauphiné ein reicher Bauer Jacques Aymar, welcher es zu grosser Fertigkeit gebracht hatte und in Paris (1693) grosses Aufsehen erregte. Die Tochter eines Kaufmannes Martin zu Grenoble soll durch die Wünschelruthe nicht nur Wasser und Mettalle aufzufinden, sondern sogar Reliquien zu entdecken verstanden haben. Ein interessanter Fall ereignete sich 1725 zu Stralsund, indem der dortige Conrector Johann Harder als Wünschelruthkundiger



in einen Process verwickelt wurde. Aus den Acten erfahren wir, das er sich mit der Ruthe als einer Spielerei (*lusus*) zur *curieusité* abgegeben hat, dass die Wünschelruthe kein anderes Fundament habe als die *ars divinandi* und in derselben kein *malus genius* oder *motor* stecke. Der Abbé Paramelle — dessen Quellenkunde (2. Aufl. Leipzig 1865) B. von Cotta wegen der in derselben niedergelegten praktischen Erfahrungen und wegen der darin aufgestellten Theorie auch für Deutschland empfiehlt, obwohl sie ursprünglich für Frankreich geschrieben und sich vorzugsweise auf dortige Verhältnisse bezieht — sagt von der Wünschelruthe, sie sei das populärste Mittel zur Aufsuchung der Quellen und dasjenige, welches bei Unwissenden und sogar bei unterrichteten Personen den meisten Credit gefunden habe, und fährt fort: „Obgleich ich viele Male unter Leitung dieses Instrumentes und mit Beobachtung jeder Vorsicht experimentirte und unterirdische Gewässer, deren Lauf mir sehr gut bekannt war, wiederholt überschritt, so habe ich doch nie die geringste Bewegung an der Ruthe in meiner Hand bemerkt. Ich habe verschiedene, ziemlich umfangreiche Abhandlungen über diesen Gegenstand gelesen und unter meinen Augen einige Dutzend der berühmtesten Ruthenschläger, die ich auf meinen Reisen getroffen, experimentiren lassen, um mich zu überzeugen, ob dies Instrument sich bei der Annäherung an einen unterirdischen Wasserlauf bewegt. Nach Allem, was ich über diesen Gegenstand gelesen und beobachtet habe, bleibt Folgendes meine Ueberzeugung: 1) die Ruthe wendet sich unwillkürlich in den Händen gewisser Personen, welche ein zur Hervorbringung dieser Wirkung geeignetes Temperament besitzen; diese Bewegung mag durch Fluiden geregelt werden, welche unseren Sinnen unsichtbar bleiben, als Electricität, Magnetismus etc.; 2) die Bewegung geht vor sich sowohl an wasserarmen, wie an wasserreichen Oertlichkeiten und kann folglich durchaus nicht als das Anzeichen einer nahen Quelle gedeutet werden. Bei mehr als 10000 Quellen, deren Vorhandensein ich bestimmt habe, ist es nur zwei Mal vorgekommen, dass ich den Punkt traf, welcher, wie man mir sagte, auch von Ruthenschlägern gewählt worden war. Ich sage gewählt, denn ihre Bestimmungen, wie man sie mir vielleicht an tausend Orten gezeigt hat, waren fast immer auf den Punkt gerichtet, der den Eigenthümern am meisten zusagte (was nicht schwer zu errathen ist). Auch zeigen sich diese angeblichen Bestimmungen meistens als vollständig unbegründet und die sehr kleine Zahl, bei denen das Entgegengesetzte eintritt, verdankt das glückliche Resultat dem blossen Zufalle.“

Zu einer Wünschelruthe nimmt man gewöhnlich eine Haselruthe; zum Auffinden verschiedener Erze bedient man sich jedoch auch verschiedener Holzarten, z. B. für Silber soll sich die Haselruthe vorzugsweise eignen, für Kupfer die Esche, für Blei die Fichte und für Gold soll man die Ruthe an den Enden mit eisernen Spitzen versehen. Einen

Vorzug schreibt man den Ruthen zu, welche bei Vollmond und zwar in den Monaten Juli, August und September geschnitten sind; man soll die Ruthe mit einem Schnitte abtrennen; auch werden besondere Formeln empfohlen, welche beim Abschneiden gemurmelt werden sollen. Es leuchtet ein, dass alle diese Vorschriften gleichgültig sind. Unter Umständen empfiehlt sich Holz von einem gewissen Grade von Elasticität und daher mag es wohl kommen, dass man der Haselruthe den Vorzug ertheilt. Die bequemste Form besteht aus einem gabelförmigen Zweige; die beiden Zweige sind 9 bis 12 Zoll lang und das nicht getheilte Stück hat eine Länge von etwa 3 Zoll. Man hält die Hände zunächst mit der Innenfläche nach oben, fasst mit jeder Hand einen Zweig und giebt der Ruthe eine horizontale Lage, indem man die Zweige auseinander biegt. Die so gehaltene Ruthe schnellt dann bei der geringsten Veränderung in der Lage entweder nach unten oder nach oben. — Auch nimmt man wohl nur eine einfache Ruthe von einem elastischen Holze, biegt diese in einen Bogen und hält sie horizontal. Auch diese Ruthe schnellt nach oben oder unten. — Eine andere Wünschelruthe ist künstlicherer Art. Es kann dazu jedes Holz genommen werden, nur wird vorgeschrieben, dass es keine Aeste oder schadhafte Stellen haben soll. Man schneidet einen geraden Holzstab von etwa 2 Fuss Länge und mindestens 1/2 Zoll Dicke in zwei ungleiche Stücke, spitzt das längere zu und vertieft das kürzere an einem Ende, stellt die Spitze des einen Stückes in die Vertiefung des anderen und hält dann beide Stücke in gerade Linie mit den gegen einander gerichteten Zeigefingern, welche die anderen Enden der beiden Stücke berühren. Der in neuerer Zeit aufgekommene Psychograph erscheint als eine Modification dieser Art von Wünschelruthe. — Wir übergehen noch andere Arten und erinnern nur noch an den Hausschlüssel mit der Erbbibel u. dergl.

Würfel, anaklastischer, heisst ein durchsichtiger Würfel, wenn er bestimmt ist, die Brechung des Lichts an demselben nachzuweisen.

Würfel, Leslie'scher, s. Art. Leslie'scher Würfel.

Wüstenstaub, s. Art. Passatstaub.

Wüstenwind, s. Art. Samiel; vergl. auch Art. Solano, Sirocco, Terreno, Harmattam.

Wunderscheibe oder Thaumatrop (s. d. Art.).

Würtemberg'scher oder **Reisel'scher Heber**, s. Art. Heber. S. 439.

Wurf.
Wurfbewegung.
Wurfkraft.
Wurflinie.
Wurfweite.

Wird ein freier Körper durch eine momentane Kraft in Bewegung gesetzt, so sagt man, der Körper sei geworfen worden oder nennt dies einen Wurf; die Kraft, durch welche dies geschehen, ist heisst die Wurfkraft und die

genthümliche Bewegung, welche der geworfene Körper annimmt, die Wurfbewegung.

Durch die Wurfkraft allein würde der Körper — abgesehen von llen Hindernissen — eine gleichförmige Bewegung erhalten (s. Art. Bewegung und Bewegungslehre I. S. 88); da jedoch auf der Erde die Schwerkraft auf ihn noch eine Wirkung ausübt, so entsteht ine zusammengesetzte Bewegung (s. ebenda. IV. S. 94 und Bewegung. S. 88). Hierbei sind verschiedene Fälle zu unterscheiden, nämlich der verticale Wurf aufwärts oder abwärts, der horizontale Wurf und der schiefe Wurf aufwärts oder abwärts.

1) Für den verticalen Wurf aufwärts gelten die im Art. Bewegungslehre III. aufgestellten Gesetze, wenn man die Acceleration beim freien Falle — also im Allgemeinen $g = 31,25$ preuss. Fuss, s. Art. Fall der Körper. A. S. 301 — als Retardation nimmt.

2) Für den verticalen Wurf abwärts gelten ebenso die Gesetze im Art. Bewegungslehre II. 10. S. 92 und 93 mit Berücksichtigung der Acceleration beim freien Falle.

3) Bei dem horizontalen und schiefen Wurfe kommen — da man in den kleinen Entfernungen, um welche es sich auf der Erde handelt, die Richtung der Schwerkraft als parallel und ihre Stärke als gleichbleibend annehmen kann — die im Art. Bewegungslehre IV. 7. S. 96 bis 98 aufgestellten Sätze zur Anwendung. Die dort angenommene Richtung X ist horizontal, die von Y vertical und Z giebt die Richtung des Wurfes an; der Winkel $ZAX = \alpha$ heisst Elevationswinkel, Winkel $90 - \alpha$ Richtungswinkel, die Entfernung, in welcher die Bahn die Horizontale, welche durch den Anfangspunkt A geht, schneidet, die Wurfweite und die parabolische Bahn Wurflinie oder Trajectorie.

Es kommen die Gesetze der Wurfbewegung namentlich beim Schiessen in Betracht. Man nennt in dieser Beziehung die Lehre von der Wurfbewegung vorzugsweise Ballistik und den Wurfkörper das Projectil. Da für eine Elevation von $\alpha = 45 + \beta$ die Wurfweite theoretisch ebenso gross, wie bei einer solchen von $\alpha = 45 - \beta$ ist, in jenem Falle der geworfene Körper aber einen höheren, in diesem einen flacheren Bogen durchfliegt, so nennt man dort den Schuss einen Bogenschuss, hier einen scharfen Schuss. Die im Art. Bewegungslehre IV. 7 unter s und t aufgeführten Gesetze kommen namentlich bei Bestimmung der Dauerzeiten für die Zünder explodirender Geschosse in Betracht.

Da die Wurfgesetze, welche wir eben nachgewiesen haben, nur für den leeren, keinen Widerstand bietenden Raum gelten, der Wurf aber gewöhnlich im lufterfüllten Raume erfolgt, so treten für diesen Fall wesentliche Veränderungen ein. Aus dem Widerstande des Mittels (s. d. Art. und Luftwiderstand) erklärt sich das ungleich

schnelle Fallen von Körpern, die gleiches Volumen, aber verschiedene Dichtigkeit besitzen, indem der Kraftverlust zwar gleich ist, aber der Rest an bewegender Kraft bei dem dichteren Körper grösser bleibt, wozu überdies kommt, dass jeder — auch der ruhende — Körper in der Luft einen Verlust an seinem Gewichte verliert (s. Art. Hydrostatik. E. S. 474). Ebenso steigt ein vertical aufwärts geworfener Körper nicht so hoch, als es theoretisch sein müsste, und ebenso wenig kommt er wieder mit seiner Anfangsgeschwindigkeit unten an. — Da ein fallender Körper eine immer grössere Geschwindigkeit erhält, so wächst zwar seine bewegende Kraft; da aber der Widerstand des Mittels sich im Quadrate der Geschwindigkeit steigert, so nähert sich die Bewegung immermehr einer gleichförmigen; vergl. z. B. Art. Fallschirm. — Wegen des Luftwiderstandes ist endlich die Bahn eines nicht vertical geworfenen Körpers keine Parabel, sondern eine in dem absteigenden Theile steilere Curve, als in dem aufsteigenden, die sogenannte ballistische Curve.

Die nähere Entwickelung der ballistischen Curve überschreitet die nach unserem Plane gesetzte mathematische Grenze, wir führen daher nur einige Resultate an:

$$c_b^2 = \frac{\frac{1}{2} g\,(1 + p^2)}{n\left[Const - p\sqrt{1 + p^2} - \log\left(p + \sqrt{1 + p^2}\right)\right]},$$

wo c_b die Geschwindigkeit in irgend einem Punkte der Bahn; $g =$ 31,25 preuss. Fuss; n ein Factor, welcher von der Dichte der Luft und des Körpers, sowie von der Gestalt des letzteren abhängig ist;

$$Const = tgs\,\alpha \sqrt{1 + tgs^2\,\alpha} + \log\left(tgs\,\alpha + \sqrt{1 + tgs^2\,\alpha}\right) + \frac{1}{2n\,h\,\cos^2\alpha},$$

wo h die Höhe des betreffenden Bahnpunktes und α der Elevationswinkel; p die Tangente des Winkels, welchen die Tangente des betreffenden Bahnpunktes mit der Axe X, also mit der Horizontalen, bildet. — Die Ortsbestimmung des geworfenen Körpers in irgend einem Augenblicke lässt sich nicht in einer geschlossenen Form darstellen; aber die Curve kann man durch einzelne Punkte construiren.

Um die Geschwindigkeit von Projectilen zu ermitteln, hat man sich zweckmässig des Chronoskops (s. d. Art.) bedient, ebenso des ballistischen Pendels (s. Art. Pendel. D. S. 203).

Wurfhebel, s. Art. Hebel. S. 436; vergl. auch Art. Traghebel.

Wurfweite, s. Art. Wurf.

Wurzelsystem der Quellen, s. Art. Quelle. A. S. 300.

Y.

Yard heisst in England die gesetzliche Längeneinheit. Es wird in 3 engl. Fuss eingetheilt, und die Vergleichung mit dem französischen Meter hat ergeben, dass 1 engl. Fuss = 0,30479449 Meter ist. Dem Yard liegt die angelsächsische Elle zu Grunde, in Betreff welcher Heinrich I. 1101 befahl, dass sie die Länge seines Armes bis zur Spitze des Mittelfingers halten sollte. Unter den vorhandenen Mustermassen wurde 1824 das 1760 von Bird verfertigte und mit der Aufschrift „*Standard Yard* 1760" versehene zum Urmasse erklärt. Es ist dies Urmass 1834 bei dem Brande der Parlamentsgebäude mit zu Grunde gegangen. Als Anhalt diente nun die Vergleichung mit dem Meter und die vorher bereits getroffene Bestimmung, dass das einfache Secundenpendel in der Breite von London auf den Meeresspiegel und den luftleeren Raum reducirt bei 62° F. 39,1393 engl. Zoll oder nach Kater's Beobachtungen 39,13929 engl. Zoll beträgt. Wegen der Längenmasse überhaupt vergl. Art. Längenmass.

Young's Wellenstäbchen, s. Art. Wellenstäbchen.

Z.

Zähigkeit eines Körpers bezeichnet, dass sich die Theile desselben schwer trennen lassen, wenn sie auch bedeutend aus ihrer Lage gebracht werden, z. B. Leder. Vergl. Art. Dehnbarkeit.

Zähne an Räderwerken heissen die Hervorragungen an den Rädern. Vergl. Art. Räderwerk.

Zäpfchen im Auge vergl. Retina im Art. Auge.

Zahl, goldene, giebt an, das wievielte Jahr des Mondcyclus (s. d. Art.) ein jedes Jahr ist.

Zahnlücken heissen die Vertiefungen zwischen den Zähnen eines Rades. S. Art. Räderwerk.

Zamboni'sche Säule oder trockene Säule heisst eine galvanische Säule aus leitenden Plattenpaaren, welche durch einen starren, mehr oder weniger trockenen Körper getrennt sind. Jetzt construirt man diese Säulen gewöhnlich aus unechtem Gold - und Silberpapier, indem

man zwei Blätter davon mit der Papierseite an einander kleistert und dann daraus Kreisscheiben von $^1/_2$ bis zu 2 Zoll Durchmesser schneidet. Diese Scheiben legt man so auf einander, dass immer das unochte Silber (Zink) der einen Scheibe mit dem unechten Golde (Kupfer) der anderen in Berührung kommt. Gewöhnlich füllt man mit ihnen in dieser Ordnung eine Glasröhre an, legt an das Silberende noch eine dünne Kupferscheibe und an das Goldende eine dünne Zinkplatte, presst Alles gut an einander und verschliesst die Enden mit metallenen Kappen, von denen die Poldrähte ausgehen. Etliche 100 bis 1000 Scheiben sind nöthig, um eine auffallendere Wirkung zu erzielen. — Eine Hauptanwendung von der Zamboni'schen Säule macht man bei dem Bohnenberger-Fechner'schen Electroskope (s. Art. Electroskop); Rousseau gründete auf dieselbe sein Diagometer (s. d. Art.); auch hat man die anhaltende Wirksamkeit derselben zu einem sogenannten Perpetuum mobile vorgeschlagen. — Da der nicht metallische Zwischenkörper, also im angegebenen Falle das Papier und der Kleister, immer in gewissem Grade zu den feuchten Leitern zu rechnen ist, so beruht die Wirksamkeit dieser Säule auf demselben Principe wie die Volta'sche Säule (s. Art. Galvanismus. B.). — Den ersten Anstoss zur Construction trockener Säulen hat wohl (1802) Ritter gegeben, indem er Schafleder oder Wachstuch statt der angefeuchteten Pappscheiben oder Tuchscheiben bei der Volta'schen Säule zur Verwendung brachte. — Den Gegensatz zu der trockenen Säule bildet die sogenannte hydroelectrische Kette (s. d. Art.).

Zapfenreibung gehört zur gleitenden Reibung (s. Art. Reibung) und findet sowohl bei stehenden als liegenden Zapfen statt, also wenn die Bewegung eine drehende um eine feste Axe ist.

Zauberbecher oder Tantalusbecher ist eine Spielerei, bei welcher ein Heber die Hauptrolle spielt. Der Henkel eines Bechers ist hohl und vertritt einen Heber, dessen äussere Mündung am unteren Ende des Henkels ist, während die andere im Innern des Bechers in der Nähe des Bodens sich befindet. Der Henkel muss noch etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll niedriger sein, als der Becher. Setzt man den zum Theil gefüllten Becher an den Mund, so füllt sich der Heber bis über seine Krümmung und der Inhalt fliesst durch den Heber ab (Vergl. Art. Heber). S. überdies Art. Diabetes.

Zauberbrunnen heisst ein Apparat, aus welchem eine Flüssigkeit (Wasser) in Unterbrechungen ausfliesst, weshalb man denselben auch intermittirenden Brunnen nennt. Der Apparat besteht aus einem oberen und unteren Behälter. Aus der Mitte des Bodens geht von dem oberen eine Röhre von etwa 12 Zoll Länge nach unten, die aber im Innern beinahe bis an die Decke des Behälters reicht. Am unteren Ende hat diese Röhre einen kleinen Ausschnitt an der Seite; ausserdem lässt sie sich auf eine Röhre von einigen Zollen Länge, die aus dem

Deckel des unteren Behälters in dessen Mitte hervorragt und an der Seite ebenfalls einen Ausschnitt hat, aufstecken. Endlich gehen von dem Boden des oberen Behälters noch 2 oder 3 kurze enge Röhren aus. Will man den Apparat gebrauchen, so zieht man den oberen Behälter von der Röhre des unteren ab, füllt ihn durch das lange Rohr mit Wasser, steckt die Röhre des unteren Behälters in die des oberen, so dass beide Ausschnitte auf einander treffen, und kehrt nun das Ganze um. Jetzt beginnt das Wasser aus den engen Röhrchen des oberen Behälters zu fliessen und sammelt sich auf dem tellerförmigen Deckel des unteren an, wobei ein Theil durch den Ausschnitt der langen Röhre in den unteren abfliesst. Ist nun der Ausschnitt so klein, dass mehr Wasser in den Teller fliesst, als aus diesem abströmen kann, so sammelt sich bald soviel Wasser an, dass der Ausschnitt unter Wasser steht. Jetzt kann keine Luft mehr durch die lange Röhre in den oberen Behälter gelangen und folglich hört das Laufen des Wassers aus dem engen Röhrchen auf; fliesst aber das Wasser aus dem Teller soweit ab, bis der Ausschnitt wieder frei wird, so erlangt die Luft wieder Zutritt nach oben und das Laufen des Brunnens beginnt wieder. Es versteht sich von selbst, dass man den Brunnen auf Commando laufen und still stehen lassen kann, wenn man den Stand des Wassers an dem Ausschnitte beobachtet.

Zauberkanne, die, ist ähnlich eingerichtet wie der Oelkrug der Wittwe von Zarbath (s. Art. Oelkrug) und gleicht einer Theekanne, aber der Deckel ist luftdicht befestigt und die Füllung geschieht durch eine mit einer Schraube verschliessbare Oeffnung am Boden. In dem Henkel ist eine Oeffnung, und wenn man diese mit dem Finger verschliesst, kann die Flüssigkeit nicht aus dem engen Ausgussrohre ausfliessen. Will man zwei verschiedene Flüssigkeiten aus derselben Kanne ausgiessen, so ist dieselbe durch eine Scheidewand, welche auch das Ausgussrohr theilt, in zwei Abtheilungen zu theilen und am Henkel müssen zwei Oeffnungen angebracht werden, von denen jede in eine Abtheilung führt.

Zauberkreis nennt man eine vom Blitz, der daselbst eingeschlagen hat, versengte Stelle auf einer Wiese. Diese Stellen haben 3 bis 4 Fuss Durchmesser und an ihnen wächst nach dem Abmähen das Gras viel frischer und grüner als an den übrigen.

Zauberkunst oder natürliche Magie. Im Alterthume war Magie gleichbedeutend mit Naturwissenschaft. Nach Plinius umfasste die Magie alles das, was für den Körper von Wichtigkeit und geeignet ist, die Aufmerksamkeit des Geistes auf sich zu ziehen. Sie begriff in sich die Medicin, die Religion und die Astronomie. Dies war die heilige Dreiheit der Kenntnisse der Magie, wie sie die Magier im Oriente, wo diese Wissenschaft die Könige der Könige beherrschte, lehrten. — Die Kundigen missbrauchten später ihre Kenntnisse, um sich den Unkundigen gegenüber Ansehen und Einfluss zu verschaffen. Der Glaube der un-

wissenden Menge, dass nur durch den Besitz übernatürlicher Kräfte das ihr Unbegreifliche ausgeführt werden könne, kam dabei trefflich zu statten, und so nahm das Gebiet der Täuschungen immer grössere Dimensionen an. Es gab eine divinatorische Magie, die sich mit Wahrsagen und Nativitätsstellen beschäftigte. Es gehört hierhin die Astrologie, die Chiromantie etc. Eine andere Art war die Nekromantie oder die Wissenschaft, Geister aller Art zu citiren. Auch die Bauchrednerkunst wurde gemissbraucht. Die Alchymie und die Kabbala traten später hinzu und theilweis ging es soweit, dass man der Meinung war, alle Gesetze und Kräfte der Natur aufheben und verändern zu können. Dieser Unsinn hat vor dem Lichte der wahren Naturforschung nicht bestehen können und heutigen Tags ist die Magie zusammengeschrumpft auf die Kunststücke der Taschenspieler, von denen selbst die grosse Menge sich sagt, dass die Hexerei in Geschwindigkeit und in der Fertigkeit, die Bestimmungsstücke der Erscheinung zu verbergen besteht, dass Alles aber auf natürlichem Wege erfolgt.

Zauberlaterne, magische Laterne (*laterna magica*) besteht aus einer mit Ausnahme der erforderlichen Zuglöcher allenthalben geschlossenen Laterne mit einer möglichst hell brennenden Flamme im Innern. An der Hinterwand ist ein Erleuchtungsspiegel angebracht, in dessen Brennpunkte sich die Flamme befindet. In der Mitte der Vorderwand steckt in einem runden Loche von etwa 1½ Zoll Durchmesser eine nach aussen gerichtete Blechröhre von 3 Zoll Länge und in diese lässt sich eine zweite mehr oder weniger einschieben. Die erste Röhre hat dicht an der Laterne auf beiden Seiten Einschnitte, um einen Glasstreifen, auf welchen mit durchscheinenden Farben Figuren gemalt sind, einstecken zu können; in der äusseren Röhre aber befinden sich zwei Convexgläser, die zusammen ein Sammelglas mit verkürzter Brennweite vertreten und durch Verschiebung der Röhre so gestellt werden, dass die Figur auf dem Glase noch ausserhalb der Brennweite steht. Ist die Figur auf dem Glasstreifen in umgekehrter Stellung eingeschoben, so entsteht (s. Art. Linsenglas. D.) von derselben ausserhalb der Laterne ein umgekehrtes, also hier ein aufrechtes, physisches Bild, welches man auf einer Wand oder auf einer ausgespannten Leinwand auffangen kann. Dies Bild ist um so grösser, je näher die Figur an dem Brennpunkte steht, und man kann es durch Verschiebung der äusseren Röhre stets dahin bringen, dass dasselbe gerade auf der bestimmten Wand möglichst deutlich erscheint, wobei jedoch dafür zu sorgen ist, dass das Zimmer, in welchem die Vorstellung gegeben wird, möglichst dunkel ist. — Verändert man den Abstand der Linsen von der Figur, so wird das Bild undeutlich und es erklärt sich dadurch die Erzeugung von Nebelbildern (s. d. Art.) mittelst zweier Zauberlaternen. — Anstatt das Bild auf eine Wand oder auf einen Schirm fallen zu lassen, fängt man es auch auf Rauch auf. Alsdann liegen die einzelnen Theile des Bildes nicht in

einer Ebene, sondern theilweise hinter einander und scheinen sich zu bewegen. Hierdurch entstehen die sogenannten Phantasmagorien. — Um die Bilder möglichst hell zu machen, bringt man wohl noch eine dritte Convexlinse zwischen Flamme und Figur an, welche das von dem Spiegel kommende Licht auf die Figur concentrirt. Je heller die Flamme leuchtet, desto heller treten auch die Erscheinungen auf. Deshalb wendet man bei grösseren Apparaten das Drummond'sche Licht (s. d. Art.) an. Es geschieht dies namentlich bei der Benutzung der Zauberlaterne als Hydrooxygengas-Mikroskop, dessen Wirkung der eines Sonnenmikroskops (s. d. Art.) gleichkommt. Benutzt man, wie bei den Nebelbildern, zwei Zauberlaternen und lässt man mit durchscheinenden Farben bemalte Glasscheiben, die an der Stelle der Figur eingeschoben sind, rotiren, so erhält man interessante Farbenspiele. Auch mit einer Zauberlaterne kann man schon dergleichen erzeugen, wenn man zwei solcher Scheiben dicht hinter einander stellt und mit verschiedener Geschwindigkeit oder in entgegengesetzter Richtung rotiren lässt. — Lässt man das Bild auf einer Leinwand erscheinen, welche sich zwischen der Zauberlaterne und den Zuschauern befindet, so ist dieselbe nass zu machen, damit sie durchscheinender wird; soll das Bild hingegen von der Leinwand reflectirt werden, so bleibt die Leinwand trocken.

Erfinder der Zauberlaterne ist Athanasius Kircher um 1640.

Zauberscheibe, s. Art. Stroboskop.

Zaubertonne, die, beruht auf dem Principe des Heronsbrunnen (s. d. Art.). Das Innere der Tonne ist durch eine Scheidewand in zwei Theile getheilt, aber diese Wand hat oberhalb ein Loch, so dass die Luft in beiden Abtheilungen in Communication steht. Die eine Abtheilung hat aussen einen Hahn, der im Innern heberartig gekrümmt ist und mit seiner Mündung fast bis auf den Boden reicht. Diese Abtheilung füllt man durch eine oben angebrachte, luftdicht verschliessbare Oeffnung mit Wein. Durch das Spundloch geht luftdicht ein Rohr in die zweite Abtheilung und reicht fast bis auf den Boden. Setzt man nun in das Rohr des Spundloches einen dicht anschliessenden Trichter und füllt Wasser ein, so wird wie bei dem Heronsbrunnen die Luft im Innern abgesperrt und verdichtet und aus dem Hahne der ersten Abtheilung fliesst Wein.

Zaubertrichter, der, ist ein Doppeltrichter und der Zwischenraum zwischen beiden steht mit dem Henkel in Verbindung, an welchem ein kleines mit dem Finger verschliessbares Loch angebracht ist. Hält man das Rohr zu und füllt den Trichter mit einer Flüssigkeit, so füllt sich auch der Zwischenraum. Verschliesst man nun das Loch am Henkel und öffnet das Rohr, so fliesst zwar die Flüssigkeit aus dem Trichter ab, aber nicht der Inhalt des Zwischenraums und diesen kann man dann nach Belieben durch Wegnahme des Fingers von dem Loche des Henkels zum Ausfliessen bringen, wie bei dem Stechheber.

Zaum, Prony's oder Bremsdynamometer, s. Art. Dynamometer. S. 234.

Zehrung bei der Rakete, s. d. Art.

Zeichenkunst, perspectivische, s. Art. Perspective.

Zeigertelegraph heisst eine zuerst von dem Engländer Wheatstone angegebene Einrichtung des electrischen Telegraphen, bei welcher durch Zusammenwirken des Electromagnetismus und der Federkraft ein Zeiger vor einem Zifferblatte bewegt wird, auf welchem die Buchstaben verzeichnet sind. Vergl. Art. Telegraph. C. 4.

Zeigerwaage nennt man eine Waage, bei welcher eine Zunge oder ein Arm des Waagebalkens über einem Gradbogen spielt und durch die Stellung das Gewicht des zu wiegenden Körpers angiebt, ohne dass dabei noch besondere Gewichtstücke gebraucht werden. Gewöhnlich liegt ein Winkelhebel zu Grunde, dessen Schwerpunkt auf dem als Zeiger dienenden Arme sich befindet. Die Eintheilung des Gradbogens wird durch Versuche mit Gewichten, welche als zu wiegende Last dienen, bestimmt. Dergleichen Zeigerwaagen empfehlen sich als Briefwaagen, in welchem Falle die Eintheilung nach der Progression des Portosatzes zu bemessen ist. In Papierfabriken benutzt man Zeigerwaagen, um aus dem Gewichte eines Probebogens gleich das Gewicht von einem Riess zu finden.

Zeit könnte man kurz als das In-, Ausser- und Nacheinandersein erklären. Wegen der Zeitmessung s. Art. Uhr und Sonnenzeit.

Zeit oder Gezeit, s. Art. Ebbe und Fluth. Die Seeleute nennen eine ganze Zeit die ganze Dauer einer Fluth oder einer Ebbe; ebenso sprechen sie von halber Zeit. Ein seemännischer Ausdruck ist: mit der Zeit absegeln oder aufsegeln oder absacken.

Zeit der Sonnen und der Wolken, wenn die Gegend der Windstillen und die Zone der Passate in einander eingreifen; s. Art. Wind.

Zeitkugel nennt man eine weithin sichtbare Kugel, die mit einer astronomischen Uhr durch einen electrischen Apparat in Verbindung steht und in einem bestimmten Augenblicke fällt. Airy, Director der Sternwarte zu Greenwich, hat zuerst eine Zeitkugel angebracht. Die Kugel ist gross, hohl und auf einer polirten Stange, welche durch ihre Mitte geht, leicht gleitbar über dem Thurmdache angebracht. Die Kugel wird emporgezogen und jeden Tag in dem Augenblicke, wo die astronomische Uhr 1 Uhr zeigt, reisst ein electrischer Hebel, der die Kugel oben hielt, so dass sie um etwa 12 Fuss tief niederfällt. In London fallen ebenfalls Zeitkugeln gleichzeitig mit der Greenwicher, z. B. über dem Dache der Electrotelegraphen-Compagnie, über dem Hause des Chronometermachers French in der City; sogar in Edinburg ist auf dem Nelson-Monumente eine Zeitkugel, die mit der Greenwicher gleichzeitig fällt. Die Kugel von French ist von Zink, hat $5^1/_2$ Fuss Durchmesser und steht 150 Fuss über dem Themsespiegel.

Zeitmessung, s. Art. Uhr.

Zeitstrom } bedeutet den durch eine Fluth oder Ebbe in einem
Zeitweg } Kanale oder Flusse verursachten Strom.

Zellenapparat, s. Art. Becherapparat. Jeder Becher bildet eine Zelle.

Zenith oder Scheitelpunkt, s. Art. Nadir.

Zenithdistanz eines Punktes am Himmel, z. B. eines Sternes, ist auf dem durch das Zenith und den Punkt gehenden Verticalkreise der Bogen, welcher zwischen Zenith und dem Punkte liegt.

Zenithmikrometer, s. Art. Mikrometer 3.

Zephyr und Favonius bedeuteten bei den Alten unsern Westwind.

Zerbrechen oder zerknicken }
Zerdrücken } s. Art. Festigkeit.
Zerknicken oder zerbrechen }

Zerknistern, s. Art. Decrepitiren.

Zerleger oder Analyseur, eine Vorrichtung an den Polarisationsapparaten, durch welche das von dem Polarisator kommende Licht als polarisirtes nachgewiesen werden soll. S. Art. Polarisation A. c.

Zerlegung der Kräfte besteht darin, dass man für eine Kraft zwei oder mehrere Kräfte ermittelt, welche vereint dieselbe Wirkung hervorbringen, wie jene allein. Vergl. Art. Bewegungslehre IV. 10.

Zerlegungsspiegel an Polarisationsapparaten, s. Art. Polarisation A. a.

Zerrbild oder Anamorphose. S. d. Art.

Zerreissen, s. Art. Festigkeit.

Zersetzung, electro-chemische, s. Art. Chemische Wirkungen der Electricität.

Zerstreuen, s. Art. Reflectiren.

Zerstreutes Licht ist unregelmässig reflectirtes Licht. Eine spiegelnde Oberfläche von absoluter Glätte würde das auffallende Licht nur regelmässig reflectiren, ohne selbst sichtbar zu sein; das Sichtbarwerden der Körper beruht auf dem von ihnen ausgehenden zerstreuten Lichte in Folge der Rauhigkeiten auf der Oberfläche. Vergl. Art. Katoptrik und den folgenden Art. Zerstreuung des Lichtes.

Zerstreuung des Lichtes, insofern darauf die bei der Lichtbrechung auftretenden Farben beruhen, nennt man Dispersion (s. d. Art. und Art. Farbe). — Mit der Dispersion ist das unregelmässig reflectirte Licht, welches in keiner bestimmten Richtung von der Oberfläche des vom Lichte getroffenen Körpers zurückgeworfen, sondern nach allen Seiten hin zerstreut wird, nicht zu verwechseln. Auf diesem zerstreuten Lichte beruht das Sichtbarwerden der Körper, welche kein eigenes Licht ausstrahlen; es ist um so bedeutender, je weniger polirt die betreffende Oberfläche ist; ausserdem bedingt dies Licht noch die ver-

schiedene Farbe, welche die in der Natur vorkommenden Körper unserm Auge bei gewöhnlicher Beleuchtung darbieten (s. Art. Farbe). Besondere Beachtung verdient hierbei, ob der Körper undurchsichtig oder durchsichtig ist. Im ersteren Falle kommt es darauf an, welche Farbenstrahlen absorbirt und welche als zerstreutes Licht reflectirt werden; im letzteren Falle hat man die Farbe im reflectirten und im durchgelassenen Lichte zu unterscheiden, und also sein Augenmerk darauf zu richten, welche Farbenstrahlen als zerstreutes Licht reflectirt, welche absorbirt und welche durchgelassen werden. — Was man eine Zeit lang innere Dispersion oder innere Zerstreuung nannte, wird jetzt mit dem Namen Fluorescenz bezeichnet, worüber Art. Fluorescenz das Nähere enthält.

Zerstreuungsbild nannte Tortual das Bild, welches sich in einem kurzsichtigen Auge auf der Netzhaut bildet, weil die zur Erzeugung desselben erforderlichen Brennpunkte vor diese fallen und also die Strahlen, ehe sie die Netzhaut treffen, divergirend geworden sind. Consequent müsste man auch noch in anderen Fällen als beim Auge von Zerstreuungsbildern sprechen, z. B. bei Linsen und sphärischen Spiegeln.

Zerstreuungsglas oder Zerstreuungslinse ist eine Concavlinse. Vergl. Art. Linsenglas.

Zerstreuungskreis, ein, bildet sich im Auge, wenn die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Lichtstrahlen nicht in einem Punkte der Retina sich vereinigen, gleichgültig, ob der Vereinigungspunkt vor oder hinter derselben liegt. Wo Zerstreuungskreise entstehen, sieht das Auge unklar, weil Strahlen verschiedener Objectspunkte, da ihre Zerstreuungskreise in einander greifen, denselben Netzhautpunkt treffen.

Zerstreuungslinse, s. Art. Zerstreuungsglas.

Zerstreuungspunkt nennt man bei einer Concavlinse oder einem Convexspiegel, also bei einem Zerstreuungsglase oder einem Zerstreuungsspiegel, auch wohl den (negativen) Brennpunkt, weil von ihm die Strahlen divergirend hervortreten, ohne in ihm wirklich vereint zu sein.

Zerstreuungsspiegel ist ein Convexspiegel, s. Art. Spiegel B.

Zerstreuungsverhältniss, das, drückt die verschiedene Farbenzerstreuung der verschiedenen Stoffe aus. Die Farbenzerstreuung ist um so bedeutender, je mehr der Brechungsexponent der violetten Strahlen den der rothen übertrifft (s. Art. Farbe) und die Differenz dieser beiden Brechungsexponenten ist das Mass für die Farbenzerstreuung. Im Art. Farbe ist für einige Stoffe diese Differenz angegeben. Dividirt man nun die Differenz für einen Stoff durch die eines anderen, so erhält man das Zerstreuungsverhältniss oder Dispersionsverhältniss. Bei Flintglas ist z. B. die Dispersion 0,043 und bei Wasser 0,0132, folglich ist das Zerstreuungsverhältniss 3,257; für Flintglas 0,043 und für Crownglas 0,020 erhält man 2,14. Nimmt man die Dispersionsdifferenzen nur für bestimmte Fraunhofer'sche Linien, so erhält man in denselben

Weise partielle Dispersionsverhältnisse, z. B. für Flintglas und Wasser zwischen *C* und *B* 2,562; zwischen *D* und *C* 2,871; zwischen *E* und *D* 3,073; zwischen *F* und *E* 3,193; zwischen *G* und *F* 3,640; zwischen *H* und *G* 3,726.

Zerstreuungsvermögen oder farbenzerstreuende Kraft, s. Art. Kraft, farbenzerstreuende.

Zerstreuungsweite nennt man bei Zerstreuungsgläsern und Zerstreuungsspiegeln auch die (negative) Brennweite, ebenso wie dieser Brennpunkt auch Zerstreuungspunkt heisst.

Ziegelsteinregen ist ein Regen, mit welchem ein von Ziegelsteinen herrührender Niederschlag verbunden ist. S. Art. Staubregen.

Ziehbarkeit, s. Art. Ductilität.

Ziehkraft oder Centripetalkraft (s. d. Art.).

Zielscheibe } s. Art. Nivellirlatte.
Zieltafel }

Zifferblattbarometer, das, ist ein mit einem Zifferblatte versehenes Barometer, wie man solche häufig in den Schaufenstern der Mechaniker sieht. Vergl. Art. Barometer.

Zifferblattthermometer, das, gehört zu den Metallthermometern und gründet sich auf die ungleiche Ausdehnung zweier Metalle, deren Veränderung in ähnlicher Weise, wie bei dem Aneroidbarometer, auf ein Zeigersystem übertragen ist. Vergl. Art. Thermometer.

Zink-Eisen-Kette, die, ist wie die Grove'sche Kette (s. d. Art.) zusammengesetzt, nur dass das Platin durch Eisen vertreten wird. Es gehört dazu sehr concentrirte Salpetersäure von dem spec. Gewichte 1,4. Vergl. Art. Säule, galvanische.

Zinkpol, s. Art. Galvanismus B. S. 368.

Zinnfolie, s. Art. Stanniol.

Zirknitzer See, s. Art. Quelle A. zu Ende.

Zirkonium ist 1865 von L. Troost in Paris im krystallisirten Zustande hergestellt worden. Es ist ein Metalloid vom spec. Gewicht 4,65 und äusserlich dem Antimonium sehr ähnlich, während es in seinem chemischen Verhalten dem Silicium sehr nahe steht.

Zitteraal, s. Art. Aal, electrischer.

Zitterfisch, s. Art. Fische, electrische.

Zittern der Sterne, s. Art. Funkeln.

Zitterrochen, *Torpedo Galvani* und *Torpedo narce* im mittelländischen Meere und *Narcine brasiliensis* in den brasilischen Gewässern, gehört zu den electrischen Fischen. Art. Fische, electrische, enthält das Wesentliche über das electrische Organ dieses Fisches. Der Zitterrochen hat einen fast kreisrunden, gleichsam spatelförmigen Körper mit kurzem, fleischigem Schwanze. Der Körper ist glatt. Fasst man ihn an, ohne das Organ zu berühren, so empfindet man nichts; aber die Berührung des Organs auch nur mit einem einzigen Finger hat einen

empfindlichen Schlag zur Folge, wobei der Fisch sich krampfhaft bewegt. — Die Italiener Lorenzini und Redi haben die ersten Untersuchungen über das electrische Organ dieses Fisches angestellt; dann Réaumur (1714) und später mit besonderer Gründlichkeit der Anatom John Hunter.

Zitterwels, der, gehört zu den electrischen Fischen. Vergl. Art. Fische, electrische.

Zodiakal bedeutet in der Nähe der Ecliptik befindlich.

Zodiakallicht oder Thierkreislicht ist eine weissliche, noch matter als die Milchstrasse leuchtende Erscheinung, die in kegelförmiger Zuspitzung, von der Sonne als Basis ausgehend und mit der Axe in die Richtung des Thierkreises fallend, kurz nach Sonnenuntergang oder kurz vor Sonnenaufgang in unseren Gegenden besonders zu Anfang des Frühlings und am Ende des Herbstes sich zeigt. Die erste deutliche Beschreibung rührt von dem englischen Caplan Childrey (1661) her. Wir verweisen auf A. v. Humboldt's Schilderung in dessen Kosmos I. S. 142. Das Zodiakallicht ist jedenfalls etwas zur Sonne Gehöriges. Schon Dominicus Cassini (1683) soll auf die Hypothese eines abgesonderten Ringes gekommen sein und zwar so, dass der dunstförmige Ring aus einer Anzahl kleiner planetenartiger Körper, die um die Sonne kreisen, zusammengesetzt sei. Argelander stellt Cassini's Ansicht so dar, dass die Sonne von einer im Sinne der Umdrehungsaxe derselben stark abgeplatteten, in der Ebene des Aequators weit ausgedehnten Atmosphäre umgeben sei, welche durch den Reflex der Sonnenstrahlen, wie unsere Atmosphäre die Dämmerung, jenen linsenförmigen Schein erzeuge. Die verschiedene Breite erklärte sich dann aus den verschiedenen Oeffnungen der Ellipse, in welcher sich der Sonnenäquator am Himmelsraume projicirt; die verschiedene Länge aus der grossen Beweglichkeit der Materie, die unter den gewöhnlichen Umständen bis weit über die Erdbahn hinaus sich ausdehne. Nach Arago nahm Cassini an, dass die Sonne in der Ebene ihres Aequators eine etwas grobe Materie, welche das Licht zurückzuwerfen vermöge, bis über die Venusbahn hinausschleudern könne. Die physische Ursache des Zodiakallichtes ist selbst jetzt noch in Dunkel gehüllt. Von einigen Seiten ist dasselbe sogar als eine Wirkung der Brechung des Sonnenlichts in der Erdatmosphäre angesehen worden. Nach Laplace besteht die Materie aus den feinsten Theilchen der ursprünglichen Nebelmasse, aus welcher durch Verdichtung unsere Sonne und die zu ihrem Systeme gehörigen Planeten entstanden sein sollen. J. Schmidt meint, die Materie sei wenigstens theilweis mit jener Materie identisch, welche als widerstehendes Medium den Lauf eines Kometen zu beschleunigen im Stande ist. Dass das Zodiakallicht aus einem dunstartigen, abgeplatteten, frei im Weltenraume zwischen der Venus- und Marsbahn kreisenden Ringe ausstrahle, ist jetzt wohl noch die befriedigendste Ansicht. Nach

Houzeau fällt die grosse Axe des Ringes gar nicht mit der Ebene des Sonnenäquator zusammen, auch überschreite die Dunstmasse desselben die Erdbahn nicht. Das Zucken und Flimmern im Zodiakallichte deutet auf Processe in dessen Innern, vielleicht ist es aber auch durch Verhältnisse in unserer Atmosphäre bedingt. Arago hat das Licht auf Polarisation untersucht, aber keine Spur davon gefunden.

Zodiakus oder Thierkreis ist eine der Ecliptik parallele Zone des Himmels, welche sich auf beiden Seiten der Ecliptik bis zu 23° 18′ von derselben entfernt. In der Mitte dieser Zone, in der Ecliptik, vollendet die Sonne ihren scheinbaren jährlichen Lauf und innerhalb der Zone halten sich, von der Erde aus gesehen, die älteren Planeten stets auf. Wegen dieses Verhaltens zu dem Planetenlaufe erhielt diese Zone eine besondere Wichtigkeit, und da die in derselben liegenden Sternbilder vorzugsweise Thiergestalten repräsentiren, so erhielt dieselbe den Namen des Thierkreises. Die Namen der in der Mitte des Thierkreises liegenden 12 Sternbilder sind in der Ordnung, wie sie vom Widder aus gegen Osten liegen: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. Folgende zwei Verse enthalten die Namen in derselben Ordnung:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Zoll, ein Längenmass von $\frac{1}{12}$ Fuss oder $\frac{1}{10}$ Fuss Länge. Im ersteren Falle führt der Zoll den Namen Duodecimalzoll, im letzteren Decimalzoll. Vergl. Art. Längenmass.

Zone bedeutet Gürtel. Die Erdoberfläche wird in 5 Erdgürtel oder Erdzonen eingetheilt durch die Wendekreise und Polarkreise. Der zwischen den beiden Wendekreisen liegende Theil heisst der heisse Erdgürtel oder die heisse Zone; sie nimmt beinahe $\frac{2}{5}$ der ganzen Erdoberfläche ein und erstreckt sich auf jeder Seite des Aequators bis $23\frac{1}{2}°$. Zwischen den Wendekreisen und Polarkreisen liegen die gemässigten Zonen; sie erstrecken sich also von $23\frac{1}{2}°$ bis $66\frac{1}{2}°$ der Breite und zwar heisst die zwischen dem Wendekreise des Krebses und dem nördlichen Polarkreise die nördliche gemässigte Zone, die andere zwischen dem Wendekreise des Steinbocks und dem südlichen Polarkreise die südliche gemässigte Zone. Die von beiden Polarkreisen abgeschnittenen Kugelabschnitte heissen, obgleich sie keine Gürtel sind, die nördliche und die südliche kalte Zone und erstrecken sich von $66\frac{1}{2}°$ der Breite bis zu den Polen, also bis zu 90°. Diese Eintheilung ist rein mathematisch (s. Art. Solstitialpunkt). Sonnen-Auf- und Untergang, Lage des Schattens zur Zeit der Culmination der Sonne stehen zu dieser Eintheilung in bestimmter Beziehung; in anderen Beziehungen zeigen sich hingegen Abweichungen, namentlich in Betreff des Klima (s. d. Art.), so dass man das wirkliche oder physische Klima wohl von dem mathematischen oder solaren

zu unterscheiden hat. Wir heben an dieser Stelle noch hervor, dass Meyen in Bezug auf das Pflanzenreich 8 Zonen unterscheidet: 1) die Aequatorial-Zone von 15° nördl. bis 15° südl. Breite; 2) die beiden tropischen Zonen von 15° bis 23½° n. und s. Breite; 3) die beiden subtropischen Zonen von 23½° bis 34° n. und s. Br.; 4) die beiden wärmeren temperirten Zonen von 34° bis 45° n. und s. Br.; 5) die beiden kälteren temperirten (gemässigten) Zonen von 45° bis 58° n. und s. Br.; 6) die beiden subarktischen Zonen von 58° bis 66½° n. und s. Br.; 7) die beiden arktischen Zonen von 66½° bis 72° n. und s. Br.; 8) die Polarzonen von 72° bis zu den Polen. Es sind diese Zonen im Allgemeinen Verbreitungsbezirke einzelner Pflanzen, aber auch dies nicht in aller Strenge, da allmälige Uebergänge stattfinden.

Zone bei Krystallen und Zonenaxe, s. Art. Krystallographie. B. S. 561.

Zoolithhöhle, s. Art. Knochenhöhle.

Zuckeraräometer } s. Art. Saccharometer.
Zuckermesser }

Zuckungen des Froschpräparates, s. Art. Galvanismus. A.

Zündlampe oder electrische Lampe oder electrisches Feuerzeug, s. Art. Feuerzeug.

Zündmaschine nannte man das Döbereiner'sche Feuerzeug oder die Platin-Feuermaschine, s. Art. Feuerzeug.

Zufrieren, s. Art. Eis.

Zug als Gegensatz von Druck, s. im Art. Druck.

Zug im Schornsteine, s. Art. Heizung. S. 442.

Zunge an der Waage heisst der in eine Spitze auslaufende Theil, aus dessen Stellung man auf das stattfindende oder nicht stattfindende Gleichgewicht schliesst. An anderen Waagen als der Krämerwaage könnte man den daselbst angebrachten Zeiger ebenfalls Zunge nennen. Vergl. Art. Waage. A.

Zunge an der Zungenpfeife, s. im folgenden Artikel.

Zungenpfeife nennt man ein musikalisches Blasinstrument, welches aus zwei verschiedenen Schwingungsapparaten, von denen jedes für sich schon Töne zu geben vermag, zusammengesetzt ist. Der eine Apparat ist eine offene Röhre, den anderen bildet das sogenannte Mundstück. Das Mundstück ist eine prismatische oder cylindrische Rinne, die an einem Ende geschlossen und an der offenen Seite mit einem elastischen Streifen so gedeckt ist, dass der nach dem geschlossenen Ende hin liegende Theil nicht genau schliesst, sondern frei schwingen kann. Dieser bewegliche Theil wird die Zunge genannt. Zur Veranschaulichung kann das bekannte Mundstück der Clarinette dienen. Auch das Oboë (s. d. Art.) gehört zu den Zungenpfeifen, aber bei diesem stehen zwei



elastische Blätter einander gegenüber, die eine freie Oeffnung zwischen sich lassen. Indem wir in Betreff dieser beiden Instrumente auf die bezüglichen Artikel verweisen, fassen wir hier noch die Zungenpfeifen der Orgeln besonders ins Auge.

Bei den Zungenpfeifen der Orgeln ist das Mundstück in einem Fusse mit einem Windloche luftdicht angebracht. Es besteht aus einer prismatischen oder cylindrischen an einem Ende geschlossenen messingenen Röhre, die der Länge nach eine rechteckige Oeffnung hat, über welcher ein dünner elastischer Stahl- oder Messingstreifen liegt, dessen einer Theil an der Röhre angelöthet oder angeschraubt ist, während der andere frei oscilliren kann. Dies ist die Zunge. Ueber der Zunge ist ein starker gekrümmter Metalldraht, die sogenannte Krücke, angebracht, der sich auf- und niederschieben lässt, so dass man durch ihn den schwingenden Theil der Zunge verlängern oder verkürzen kann. Die Zunge muss in der Spalte frei schwingen können, weil sonst beim Anschlagen derselben an die Ränder ein rauher schnarrender Ton entsteht. An dem Ende des Fusses, welches dem Windloche gegenüber ist, ist die offene Pfeifenröhre angebracht. Erfolgt das Anblasen, so kommt sowohl die Zunge, als die in der Röhre enthaltene Luft in Schwingung. Aus dem Zusammenwirken der beiden Schwingungsweisen gehen übereinstimmende Schwingungen der Zunge und der Luft in dem Rohre hervor, die von denen abweichen, welche jeder Bestandtheil für sich macht. — In Betreff der Schwingungen der Luft in der Röhre vergl. Art. Labialpfeife und Wellenbewegung. III. In Bezug auf das Mundstück bemerken wir, dass die Töne desselben keine Abänderung erleiden, wenn die Dimensionen der Oeffnung jene der Zunge um etwas übertreffen, sobald nur kein vollkommener Verschluss stattfindet. Der Ton spricht um so schwieriger an, je grösser der Zwischenraum ist, den die Zunge und die Oeffnung lassen. Der Ton der Zunge am Mundstück ist derselbe, welchen sie für sich schwingend giebt. Durch die kurze Röhre des Mundstücks, an welcher die Zunge befestigt ist, wird nicht die Höhe, sondern nur die Stärke des Tons geändert.

W. Weber hat über die Zungenpfeifen mit einschlagenden Zungen im Wesentlichen folgende Gesetze gefunden.

Stimmt der Ton, welchen das Mundstück für sich allein giebt, mit einem der Töne überein, welche die für sich allein tönende Röhre giebt, so ist die Zungenpfeife, je nach der Stärke des Anblasens, zweier Töne fähig, eines tieferen bei schwächerem und eines höheren bei stärkerem Anblasen. Der erste kommt mit dem Tone des für sich tönenden Mundstücks überein; der zweite wird aber um eins der Intervalle, welche den Zahlen $1/2$, $3/4$, $5/6$, $7/8$ . . . entsprechen, tiefer werden, d. h. entweder mit dem Grundtone oder dem ersten, zweiten etc. der harmonischen Töne der gedeckten Röhre von gleicher Länge zusammenstimmen, je nachdem der Ton des Mundstücks entweder mit dem Grundtone oder

dem ersten, zweiten etc. harmonischen Tone (s. Art. Ton. B. 13.) der tönenden offenen Röhre übereinstimmt. — Wenn der Ton des für sich allein tönenden Mundstücks mit keinem der harmonischen Töne übereinstimmt, welche die offene Röhre giebt, so erhält man bei schwächerem Anblasen aus der Zungenpfeife einen Ton, der tiefer als der des Mundstücks ist und mit demjenigen der harmonischen Töne übereinstimmt, welcher jenem am nächsten liegt, den die offene Röhre von der Länge der Zungenpfeife für sich zu geben vermag. Bei stärkerem Anblasen wird der Ton der Zungenpfeife ebenfalls tiefer als der des Mundstücks und stimmt mit demjenigen der harmonischen Töne überein, welcher jenem am nächsten liegt, den die gedeckte Röhre von der Länge der Zungenpfeife für sich zu geben vermag.

Setzt man an das Mundstück eine kurze Röhre, deren Länge kleiner ist als der vierte Theil der Länge einer Luftsäule, die für sich allein in einer an beiden Enden offenen Röhre mit der Zunge im Einklange tönt, und setzen wir diesen vierten Theil $= a$, so treten folgende Veränderungen ein: 1) Wenn die angesetzte Röhre allmälig bis zu a verlängert wird, so nimmt die Tiefe des erzeugten Tones nur unmerklich zu. 2) Wächst die Länge der Pfeife von a bis $2a$, so wird der Ton zwar merklich tiefer, aber nicht in gleichem Verhältnisse, als die Länge der schwingenden Luftsäule erfordern würde. 3) Von $2a$ bis $3a$ wächst die Tiefe fast ebenso schnell wie die Länge der Luftsäule. 4) Von $3a$ bis $4a$ schreitet die Vermehrung der Tiefe schneller fort als die Zunahme der Länge und erreicht bei $4a$ genau die Octave von dem Tone, welchen die Zunge allein schwingend giebt. 5) Bei weiterer Verlängerung der Röhre springt der Ton plötzlich wieder auf den ursprünglichen zurück und wird auf eine ähnliche Weise, als in den 4 angegebenen Fällen, in ungleicher Progression durch Vermehrung der Länge von $4a$ bis $8a$ nur um eine Quarte tiefer. 6) Bei zunehmender Länge springt abermals der Ton auf die Höhe des ursprünglichen zurück, seine Tiefe wächst dann wieder, und zwar gleichfalls erst langsamer, dann schneller, bis sie bei $12a$ die kleine Terz erreicht hat. — Wir erhalten also für den Sprung auf $4a$, $8a$, $12a$ . . . . die Intervalle $^1/_2$. $^3/_4$, $^5/_6$, und dieselben würden mit $^7/_8$, $^9/_{10}$, $^{11}/_{12}$ . . fortgehen. Hieraus folgt, dass, durch je mehr Abstufungen der Röhrenlänge man schon fortgeschritten ist, um so weniger der Ton der Zungenpfeife durch weitere Verlängerung der Röhre unter den Ton der Zunge erniedrigt werden kann. Am Anfange jeder Periode, in welcher die Länge der Röhre stets um $4a$ zunimmt, schwingt also die Luftsäule in der Zungenpfeife wie in einer offenen Labialpfeife, am Schlusse jeder Periode wie in einer gedackten.

Es ergiebt sich hieraus: 1) Der Ton, welchen ein Mundstück giebt, kann durch Verbindung mit einer Röhre unter gewissen Umständen ungeändert bleiben, wenn er aber geändert wird, nur tiefer werden. Die grösste Vertiefung des Tones, die hierbei das Mundstück erfahren

kann, ist eine Octave. 2) Eine Zungenpfeife vermag in dem nämlichen Augenblicke nur einen und denselben Ton auf einmal zu geben, nicht aber mehrere gleichzeitige harmonische Töne, wie die Labialpfeife. Der Ton einer Zungenpfeife ist mithin frei von mitklingenden Beitönen. Ein Unterschied zeigt sich bei schwachem und starkem Blasen. 3) Theilt man die Länge einer Zungenpfeife in gleiche Theile von der Länge, welche einer offenen Röhre zukommt, die den Ton der abgesondert schwingenden Zunge für sich zu geben vermag, und erhält man dabei einen Rest, der kleiner ist als die Hälfte jener Länge, so kann man ohne grossen Fehler annehmen, dass der Ton der Zungenpfeife dem Tone der für sich schwingenden Zunge gleich ist; der Fehler wird um so geringer sein, je kleiner der restirende Theil ist. 4) Wenn jener restirende Theil grösser als jene halbe Länge ist, so kann man ohne grossen Fehler den Ton der Zungenpfeife nach dem Gesetze der gedeckten Pfeifen voraus bestimmen, insofern man nämlich unter den harmonischen Tönen, welche eine gedeckte Röhre von der Länge der Zungenpfeife für sich zu geben vermag, denjenigen auswählt, welcher tiefer als der eigenthümliche Ton der Zungenpfeife, aber ihm zunächst liegt: der Fehler wird um so geringer sein, je grösser der restirende Theil ist.

Der Ton einer gegebenen Zungenpfeife lässt sich aus der Röhre und der Zunge nach folgender Formel bestimmen:

$$n^2 = n_1{}^2 + \frac{gp\beta k}{\pi \delta u} n_1 \, tgs \frac{ln_1}{u}.$$

Hier bedeutet n die doppelte Schwingungszahl der isolirten Zunge; n_1 dasselbe für die Zungenpfeife; u die Schallgeschwindigkeit in der Luft; g die Acceleration durch die Schwere; k das Verhältniss der specifischen Wärme der Gase bei constantem Drucke zu jener bei constantem Volumen; l die Länge der Zungenpfeife; p den Druck der Atmosphäre auf die Flächeneinheit; β die Oberfläche der Fläche des schwingenden Theiles der Zunge dividirt durch den Querschnitt der Luftsäule; δ das Gewicht eines Stückes der Zunge von der Grösse der Flächeneinheit; π die Ludolph'sche Zahl.

Ueber das Verhalten von Zungenpfeifen, bei denen die gewöhnlichen starren Zungen durch schwingende Membranen ersetzt werden, hat J. Müller (s. dessen Handbuch der Physiol. Bd. II. S. 155) Beobachtungen angestellt. Im Allgemeinen zeigt sich ein ähnliches Verhalten in Beziehung auf die Aenderung der Tonhöhe bei zunehmender Länge wie bei starren Zungen; ebenso ist der Einfluss der Verlängerung des Windrohres auf die Vertiefung des Tones derselbe.

Zurückprallen der Kanonen u. dergl., s. Art. Rückwirkung.

Zurückprallung, **Zurückspringung**, **Zurückstrahlung**, **Zurückwerfung** oder Reflexion besteht darin, dass ein Körper, welcher bei seiner Bewegung auf einen anderen ihn nicht völlig oder gar nicht durchlassenden trifft, theilweis oder ganz eine

dem ersten, zweiten etc. harmonischen Tone (s. Art. Ton. B. 13.) der tönenden offenen Röhre übereinstimmt. — Wenn der Ton des für sich allein tönenden Mundstücks mit keinem der harmonischen Töne übereinstimmt, welche die offene Röhre giebt, so erhält man bei schwächerem Anblasen aus der Zungenpfeife einen Ton, der tiefer als der des Mundstücks ist und mit demjenigen der harmonischen Töne übereinstimmt, welcher jenem am nächsten liegt, den die offene Röhre von der Länge der Zungenpfeife für sich zu geben vermag. Bei stärkerem Anblasen wird der Ton der Zungenpfeife ebenfalls tiefer als der des Mundstücks und stimmt mit demjenigen der harmonischen Töne überein, welcher jenem am nächsten liegt, den die gedeckte Röhre von der Länge der Zungenpfeife für sich zu geben vermag.

Setzt man an das Mundstück eine kurze Röhre, deren Länge kleiner ist als der vierte Theil der Länge einer Luftsäule, die für sich allein in einer an beiden Enden offenen Röhre mit der Zunge im Einklange tönt, und setzen wir diesen vierten Theil $= a$, so treten folgende Veränderungen ein: 1) Wenn die angesetzte Röhre allmälig bis zu a verlängert wird, so nimmt die Tiefe des erzeugten Tones nur unmerklich zu. 2) Wächst die Länge der Pfeife von a bis $2a$, so wird der Ton zwar merklich tiefer, aber nicht in gleichem Verhältnisse, als die Länge der schwingenden Luftsäule erfordern würde. 3) Von $2a$ bis $3a$ wächst die Tiefe fast ebenso schnell wie die Länge der Luftsäule. 4) Von $3a$ bis $4a$ schreitet die Vermehrung der Tiefe schneller fort als die Zunahme der Länge und erreicht bei $4a$ genau die Octave von dem Tone, welchen die Zunge allein schwingend giebt. 5) Bei weiterer Verlängerung der Röhre springt der Ton plötzlich wieder auf den ursprünglichen zurück und wird auf eine ähnliche Weise, als in den 4 angegebenen Fällen, in ungleicher Progression durch Vermehrung der Länge von $4a$ bis $8a$ nur um eine Quarte tiefer. 6) Bei zunehmender Länge springt abermals der Ton auf die Höhe des ursprünglichen zurück, seine Tiefe wächst dann wieder, und zwar gleichfalls erst langsamer, dann schneller, bis sie bei $12a$ die kleine Terz erreicht hat. — Wir erhalten also für den Sprung auf $4a$, $8a$, $12a$ .... die Intervalle $^1/_2$, $^3/_4$, $^5/_6$, und dieselben würden mit $^7/_8$, $^9/_{10}$, $^{11}/_{12}$ .. fortgehen. Hieraus folgt, dass, durch je mehr Abstufungen der Röhrenlänge man schon fortgeschritten ist, um so weniger der Ton der Zungenpfeife durch weitere Verlängerung der Röhre unter den Ton der Zunge erniedrigt werden kann. Am Anfange jeder Periode, in welcher die Länge der Röhre stets um $4a$ zunimmt, schwingt also die Luftsäule in der Zungenpfeife wie in einer offenen Labialpfeife, am Schlusse jeder Periode wie in einer gedackten.

Es ergiebt sich hieraus: 1) Der Ton, welchen ein Mundstück giebt, kann durch Verbindung mit einer Röhre unter gewissen Umständen ungeändert bleiben, wenn er aber geändert wird, nur tiefer werden. Die grösste Vertiefung des Tones, die hierbei das Mundstück erfahren



